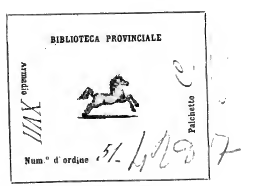



FONDO PIZZOFALCONE


BIBLIOTECA PROVINCIALE
Armadio XVII
Palchetto
Num.° d'ordine

TRAITÉ
THÉORIQUE ET PRATIQUE
DE
L'ART DE BÂTIR,

PAR JEAN RONDELET,
MEMBRE DE L'INSTITUT.

SIXIÈME ÉDITION.

TOME TROISIÈME.



IMPRIMERIE ET FONDERIE DE FAIN,
RUE RACINE, N°. 4, PLACE DE L'ODÉON.
1830.

TRAITÉ
THÉORIQUE ET PRATIQUE
DE
L'ART DE BÂTIR,

PAR JEAN RONDELET,

ARCHITECTE,

MEMBRE DE L'INSTITUT.

TOME TROISIÈME.



A PARIS,

CHEZ M. A. RONDELET FILS, ARCHITECTE,

ÉDITEUR DES ŒUVRES DE SON PÈRE,

PLACE SAINTE-GENEVIÈVE, VIS-A-VIS L'ÉCOLE DE DROIT.

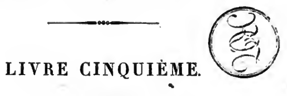
M. DCCC. XXX.



TRAITÉ

DE

L'ART DE BATIR.



LIVRE CINQUIÈME.

CHARPENTE.

IL est probable, ainsi que nous l'avons dit dans l'Introduction de cet ouvrage, que la manière dont les hommes formèrent leurs habitations, lorsqu'ils commencèrent à se réunir en société, fut différente en raison des climats et des ressources locales qui se trouvèrent à leur disposition. Ainsi, les familles qui s'établirent près des forêts y employèrent des troncs d'arbres et des branchages : celles qui se fixèrent dans les montagnes se réfugièrent d'abord dans des grottes naturelles, et parvinrent dans la suite à les imiter par un travail pénible. L'expérience leur apprit bientôt à former leurs habitations avec les produits mêmes des excavations qu'ils pratiquaient dans les flancs des montagnes : enfin la salubrité, la fertilité ou la beauté des lieux décidèrent seules du choix des sites dans l'intérêt de la société.

Les premiers essais furent sans doute très-grossiers, et bien des siècles s'écoulèrent avant que les progrès de la civilisation eussent pu conduire l'art de façonner les matériaux et celui de disposer convenablement toutes les parties d'un édifice au degré de perfection dont ils étaient susceptibles.

Les progrès de la perfection dans chaque genre furent, partout, en raison de la nature et de l'étendue des ressources; c'est ainsi que chez les peuples du Nord, l'abondance du bois fit naître et développa plus rapidement l'art de la charpente.

Leurs habitations ne furent d'abord que des espèces de cônes couverts de feuillages, d'écorces d'arbres, de chaume, de peaux d'animaux, ou de terre, comme il s'en trouve encore chez les Lapons, les Samoïèdes et autres peuples des climats septentrionaux. Dans la suite, pour rendre ces constructions plus agréables, on parvint à distinguer le toit du corps de la cabane, en formant les murs avec des pieux plantés en terre, et réunis par le haut par des pièces de bois posées en travers. Les intervalles entre les pieux étaient remplis par des branchages entrelacés en forme de claie, revêtus d'enduits en mortier de terre. Ce fut là le dernier perfectionnement des constructions primitives. Voici comment Vitruve s'exprime à ce sujet :

« [1] Dans la suite, chacun, au milieu de ces essais divers, observant » l'industrie des autres, y ajoutait de nouvelles idées, et l'on voyait » naître chaque jour quelque amélioration sensible dans l'arrange- » ment des habitations. Les hommes, étant naturellement portés à » suivre l'impulsion qui leur est donnée, recherchaient à l'envi la » gloire d'introduire quelque invention nouvelle dans la construction » des édifices, et cette application des esprits à se surpasser l'un l'autre, » conduisit peu à peu aux véritables élémens de l'architecture.

» On forma d'abord, dans quelques endroits, des murs, en dressant » des troncs d'arbres dont les branches étaient reliées ensemble par des » rameaux entrelacés, et ensuite recouvertes de terre massivée. Ailleurs, » les murs d'enceintes furent érigés avec des masses de terre pétries et

Vitruve, Lib. II, Cap. 1.

Tunc observantes aliena tecta, et adjicientes suis cogitationibus res novas, efficiebant in dies meliora genera casarum. Cùm essent autem homines imitabili docilique naturâ, quotidiè inventionibus gloriantes aliis alii ostendebant ædificiorum effectus : et ita exercentes ingenia certationibus in dies melioribus judiciis efficiebantur. Primùmque furcis erectis et virgultis interpositis, luto parietes texerunt. Alii luteas glebas arefacientes struebant parietes, materiâ eos jugamentantes, vitandoque imbres et æstus tegebant arundinibus et fronde. Posteà, quoniàm per hibernas tempestates tecta non poterant imbres sustinere, fastigia facientes luto inducto, proclinatis tectis stillicidia deducebant.

Hæc autem ex iis, quæ suprà scripta sunt, originibus instituta esse, possumus sic

» desséchées, et réunis entre eux par des branchages qu'on recouvrait » de feuilles et de roseaux, pour se mettre à l'abri des chaleurs et des » pluies. Mais comme de pareils toits n'offraient qu'une faible défense » contre l'humidité des hivers, on imagina de leur donner une forme » anguleuse, et d'enduire leur surface de terre massivée; en observant » de prolonger les pentes au delà des murs, de manière à éloigner les » eaux du pied des édifices.

» Telle a dû être, on n'en saurait douter, l'origine de l'architecture, » et nous sommes d'autant plus fondés à le croire, que cette manière » de bâtir est encore en usage chez plusieurs nations étrangères, et » particulièrement en Gaule, en Espagne, en Lusitanie et en Aquitaine, à l'exception près du chaume et des tablettes de rouvre qu'on » y emploie pour la couverture. »

On ne peut voir, sans le plus grand étonnement, l'art s'arrêter d'abord devant ces combinaisons si simples et si naturelles; et l'architecture, à défaut d'autres théories, y puiser pendant long-temps ses élémens et ses doctrines.

Passant ensuite aux divers procédés en usage chez les nations éloignées du centre de la civilisation, Vitruve nous montre lui-même, sans le remarquer, l'abondance des bois contribuant seule à faire naître un meilleur système de construction.

« [1] Chez les Colches, dit-il, sur le Pont-Euxin, dont le pays est couvert » par d'immenses forêts, les bois sont disposés par couches horizontales » dans la construction. Pour cela, on commence à placer les pièces » sur deux des faces opposées, à une distance moindre que leur longueur, afin qu'elles puissent se relier entre elles : on pose ensuite » d'autres pièces carrément sur les extrémités des premières, et la grandeur de l'habitation se trouve ainsi déterminée. Cette base une fois » établie, on place alternativement de nouvelles pièces qui n'ont » d'appui que sur les angles du bâtiment; et, en observant soigneuse-

animadvertere, quòd ad hunc diem nationibus exteris ex his rebus ædificia constituuntur, ut in Galliâ, Hispaniâ, Lusitaniâ, Aquitaniâ scandulis robusteis aut stramentis.

[1] Apud nationem Colchorum in Ponto propter sylvarum abundantiam arboribus perpetuis planis dextrâ ac sinistrâ in terrâ positis, spatio inter eas relicto quanto arborum longitudines patiuntur, collocantur, in extremis partibus earum suprà alteræ transversæ, quæ circumcludunt medium spatium habitationis : tunc insuper alternis trabibus ex

» ment l'aplomb dans toutes ses parties, l'édifice peut s'élever ainsi à » la hauteur ordinaire des tours. Les vides que l'épaisseur des bois » produit entre les pièces, se remplissent avec des éclats maçonnés » avec de la terre.

» Pour former les toits, ils montent les angles en retraite les uns sur » les autres, en diminuant successivement la longueur des pièces jus- » qu'au sommet, où les pentes de chaque face vont se réunir en un » seul point : cela fait, ils les recouvrent de terre maçonnée avec des » feuillages, et ces constructions terminées imitent assez bien, dans » leur ensemble, l'apparence de nos tours testudinées[1]. »

D'après la conformité qui règne entre les descriptions que les historiens nous ont transmises des travaux de l'antiquité les plus remarquables dans tous les genres, et le peu de monumens entiers qui soient parvenus jusqu'à nous, on peut être fondé à croire que, si la durée de la matière eût permis aux ouvrages de charpente, comme aux con-

quatuor partibus angulos jugamentantes, et ita parietes ex arboribus statuentes ad perpendiculum imarum educunt ad altitudinem turres, intervallaque, quæ relinquuntur propter crassitudinem materiæ, schidiis et luto obstruunt.

Item tecta recidentes ad extremos angulos transtra trajiciunt gradatim contrahentes, et ita ex quatuor partibus ad altitudinem educunt medio metas, quas et fronde et luto tegentes efficiunt barbarico more testudinata turrium tecta[1].

[1] Cette manière de construire avec des pièces de bois couchées, se retrouve, à quelques différences près, en Russie, en Pologne, en Allemagne et dans quelques endroits de la Suisse.

Les murs sont formés de troncs d'arbres, à demi équarris, posés immédiatement les uns sur les autres, sans intervalles, et assemblés à leurs extrémités par des entailles qui les retiennent fortement les uns avec les autres.

Pour garantir les bois de l'humidité, on pose les premiers rangs sur des murs de maçonnerie, élevés d'environ 2 pieds et demi au-dessus du sol du rez-de-chaussée ; après avoir bien garni les joints des pièces de bois avec de la mousse, on les revêt avec des planches jointives. Les faces de plusieurs de ces maisons sont décorées à l'extérieur de corniches et de chambranles : elles sont peintes de manière à présenter l'apparence des plus belles constructions en pierres de tailles.

Il y a à Moscou une grande place où l'on étale de ces maisons toutes faites, dont toutes les pièces sont numérotées, et qui peuvent se démonter et se remonter pour être transportées où l'on veut.

On voit en Pologne et en Russie, des palais, des églises et autres édifices publics, ainsi bâtis depuis plusieurs siècles, magnifiquement décorés tant à l'extérieur qu'à l'intérieur. On a construit de cette manière les fortifications de plusieurs grandes villes et beaucoup de forteresses.

structions de pierre de taille et de maçonnerie, de traverser les siècles en conservant les formes et l'arrangement qu'ils avaient reçus du génie des anciens, l'architecture moderne y eût trouvé les leçons les plus ingénieuses et les plus profitables. Le marbre, la pierre et la brique même ont servi à perpétuer l'existence des édifices où ils avaient été employés; soit en les mettant hors des atteintes de l'action destructive du temps et des saisons; soit en éternisant les élémens qui avaient fait partie de leur ensemble, et à l'aide desquels l'art, guidé par les récits de l'histoire, nous offre chaque jour les restitutions les plus fidèles et les plus satisfaisantes : mais à l'égard des constructions en bois, il en est comme de ces ouvrages célèbres qui ont subi une entière destruction, et dont l'étude la plus éclairée peut à peine ressaisir quelques traits, par le manque absolu de tous renseignemens matériels, si nécessaires dans les travaux de ce genre.

Cette vérité, si généralement sentie, devient surtout applicable à ce que Vitruve a écrit sur la charpente, et particulièrement sur la composition des combles[1]. Les détails dans lesquels cet auteur est entré relativement à la connaissance des bois[2], font assez connaître les fonctions importantes que cette matière remplissait encore, exclusivement, dans la construction des édifices; et, relativement à une nature d'ouvrage aussi répandue de son temps, la nomenclature des pièces qui formaient une charpente, pouvait, en quelque sorte, suffire pour en donner une parfaite intelligence[3]. De là, sans doute, la brièveté des explications qu'il donne à ce sujet, et par suite l'obscurité qui existe dans ces endroits, de l'aveu des commentateurs les plus célèbres. C'est ce qui paraît au reste, de la manière la plus évidente, par le peu de ressemblance qu'offrent entre elles les différentes figures construites d'après ses indications[4].

Parmi les nombreuses interprétations que cette question a fait

[1] La Grèce, ainsi qu'il nous l'apprend lui-même, possédait les plus beaux modèles en ce genre; entre lesquels l'Odéon d'Athènes et le temple de Cérès et de Proserpine, à Eleusis, étaient cités pour leur grandeur; et les temples de Diane, à Éphèse, et d'Apollon, à Utique, pour le choix des bois dont leurs combles étaient formés. (*Voyez Livre Ier., Connaissance des Matériaux, Ire. Section, Chapitre V, Article* 2.)

[2] *Voyez* le Livre Ier., au même endroit que ci-dessus.

[3] Vitruve, Livre IV, Chapitre II, de Ornamentis columnarum, et eorum origine.

[4] Voir à ce sujet les Commentaires de Daniel Barbaro, et les Versions française et italienne de C. Perrault et de Galliani.

naître, celle qu'a donnée François Blondel, dans son Cours d'Architecture, mérite seule, à notre avis, une distinction particulière. « Il est » bon de savoir, dit ce savant critique (*Liv. III*, *Chap. II*, *IIe. partie*), » que les anciens avoient deux différentes manières de faire les planchers et les toiets de leurs bastimens, suivant la différence de leurs » largeurs; car à ceux qui n'estoient pas par trop amples (*majora spatia*) » et dont la largeur estoit appelée commode (*commoda*) parmi eux, ils » se contentoient de mettre des sablières (*trabes*) sur les murs de la » longueur, c'est-à-dire, sur ceux des flancs ou costez, et d'asseoir sur » ces sablières des poutrelles (*tigna*) ou soliveaux passans dans toute » la largeur, lesquels estoient une fois et demie plus hauts que larges » ou épais, posez de champ ou à couteau, c'est-à-dire, sur leur moindre épaisseur, et espacez à distance l'un de l'autre de toute leur hauteur, sur lesquels ils clouoient des aix (*axes*) dont ils achevoient les » planchers.

» Pour les toicts, voici ce qu'ils pratiquoient : Ils faisoient des pignons aux deux bouts du bastiment sur les murs de la largeur, c'est-à-dire, sur ceux de devant et de derrière, sur qui ils posoient le faiste, » du haut duquel ils faisoient descendre de part et d'autre, sur les » pentes du toict, de gros chevrons ou de petites forces de même épaisseur et grosseur que celles des soliveaux passants du plancher, et espacez en la même manière, en sorte que chaque chevron répondit » sur l'aplomb de chacun des soliveaux; et ces chevrons ou petites » forces sortoient en dehors du mur et faisoient la saillie du toict, » lequel se trouvoit achevé par les tuiles dont on recouvroit les » chevrons.

» Mais lorsque la largeur du bastiment estoit trop grande, ils faisoient leurs planchers par travées, et leurs toiets par fermes; c'est-à-dire que sur les sablières assises sur les murs des costez, ils posoient » des poutres qui traversoient la largeur, espacées l'une de l'autre à » distances égales à la longueur des solives qu'ils avoient à mettre » dessus, lesquelles, par ce moyen, ne présentoient pas leurs bouts » vers les flancs ou costez du bastiment, ainsi que les poutrelles ou » soliveaux passants dans l'autre manière, mais bien vers les faces de » devant et de derrière; et ces solives, disposées ainsi par travées, » étant recouvertes d'aix (*axes*) clouez et de carreaux, ou d'ouvrages » de rudération, achevoient les planchers du bastiment. Ils élevoient

» ensuite, pour la structure de leurs couvertures, des fermes composées » chacune d'un tirant (*transtra*), de deux jambes de forces (*cantherii*), » avec leurs esselières (*capreoli*), et d'un poinçon (*columna*) pour sou- » tenir le faiste (*columen*); et ces pièces, estant bien assemblées, se dres- » soient sur la largeur et sur l'aplomb de chacune des poutres; puis, » sur le travers des jambes de force de ces fermes, ils posoient des » pannes (*templa*) dans toute la longueur du bastiment, lesquelles ser- » voient à lier et entretenir les fermes l'une avec l'autre, et à soutenir » les chevrons (*asseres*) qui posoient dessus elles, et qui descendant du » faiste de part et d'autre au delà du mur, faisoient la saillie de la cou- » verture ou du toict, qui se trouvoit achevé par les tuiles dont il » estoit recouvert; et ces chevrons, qui estoient beaucoup moindres en » épaisseur que ceux de la première construction, estoient aussi » espacez fort près à près et de telle sorte que souvent leur intervalle » n'estoit que la moitié de leur hauteur, ou les trois quarts de leur » épaisseur.

» Voilà en peu de mots l'explication des deux différentes construc- » tions des couvertures et des planchers des édifices anciens, lesquelles, » estant bien entendues, peuvent donner beaucoup de lumière au texte » de Vitruve, qui est extrêmement obscur en cet endroit, c'est-à-dire, » au Chap. II du Liv. IV, et je les ay rapportées principalement pour » ce sujet, après en avoir vu des exemples dans des bas-reliefs anti- » ques, et dans divers bastimens particuliers en Italie. »

Ainsi, comme on était fondé à le croire par le fait même de leur origine, rien de plus simple et de plus naturel que la composition des combles antiques. Après cette explication, si l'on examine avec attention les charpentes plusieurs fois renouvelées sur le modèle primitif, dans quelques édifices des bas siècles[1], on ne peut méconnaître les

[1] Telles sont celles des anciennes basiliques de Saint-Pierre du Vatican et de Saint-Paul hors-les-murs, à Rome. On trouve dans l'ouvrage du père Philippe Bonanni, Chapitre IX, l'époque précise de la fondation de ces deux édifices, et la date des restaurations partielles que la charpente de leurs combles a subie depuis Constantin, jusqu'au milieu du quinzième siècle.

L'église de Sainte-Marie de la Crèche, à Bethléem, construite par sainte Hélène, mère de Constantin, est aussi remarquable, en ce que le système de charpente n'étant appliqué qu'à une nef de 30 pieds de large environ, il offre encore plus de ressemblance avec

points de rapport qui s'y rencontrent; d'ailleurs, l'esprit ne saurait se refuser à l'idée que l'usage non interrompu de ces sortes d'ouvrages en ait perpétué la forme et les combinaisons jusqu'aux temps modernes.

Il ne pouvait en être de même à l'égard de ces constructions d'abord en charpente, et pour lesquelles, dans la suite, on n'employa plus que la pierre de taille et la maçonnerie, tels que les ponts et les théâtres; et si, comme on peut le penser, d'après la perfection que les anciens recherchaient en toutes choses, ces construotions, pour être usuelles, n'en étaient pas moins ingénieuses et savantes, on doit d'autant plus regretter que Vitruve n'en ait donné aucun indice. Cette importante omission, jointe au silence du même auteur sur les cintres qui servaient à l'établissement des arches en pierres de taille, forme une lacune irréparable dans l'histoire de l'art de bâtir.

celles de Vitruve. Le P. Bernardino Amico da Gallipoli en a donné la figure dans son Traité des édifices de la Terre-Sainte. Rome, 1609.

Le toit de l'église de Sainte-Sabine, à Rome, bâtie en 425, vient encore à l'appui de cette assertion.

PREMIÈRE SECTION.

PRINCIPES DU TRAIT DE CHARPENTE.

CHAPITRE PREMIER.

DES COMBLES A DEUX PENTES.

Les principes pour opérer en charpente sont les mêmes que ceux pour la coupe des pierres, que nous avons expliqués dans la IIe. Section du IIIe. Livre. Nous allons rappeler ici les plus essentiels, pour en faire l'application à l'art du trait de la charpente.

On appelle *ételon*, dans la charpente, la projection en grand, sur une surface droite, verticale ou horizontale, d'un ouvrage qu'il s'agit d'exécuter : c'est la même chose qu'*épure* dans la coupe des pierres.

La projection d'un objet quelconque sur un plan ou surface droite, se fait, par le moyen des lignes qui terminent son contour, et de celles qui indiquent les arêtes et les angles formés par la réunion de ses surfaces apparentes; ou par des lignes qui forment des compartimens ou divisions de joints, lorsque l'objet dont il s'agit se trouve composé de plusieurs pièces réunies.

La position de ces lignes est déterminée par des parallèles perpendiculaires au plan de projection, abaissées des principaux points de l'objet à représenter.

Si c'est une ligne droite, il suffit, pour déterminer sa position, des deux points qui forment ses extrémités.

Si c'est une ligne courbe, il faut, indépendamment des points des extrémités, plusieurs autres points intermédiaires.

Les solides forment, par la réunion de leurs surfaces, trois sortes d'angles :

1°. Des angles plans, par la rencontre des arêtes qui terminent chaque surface,

2°. Des angles solides, formés par la réunion de plusieurs angles plans dont les côtés aboutissent en un point. Il est à propos de remarquer qu'il faut au moins trois angles plans pour former un angle solide.

Dans les solides qui se terminent en pointe, comme les pyramides, l'angle solide qui forme le sommet est composé d'autant d'angles plans qu'ils ont de faces.

3°. L'angle des plans est celui formé par deux surfaces qui se réunissent pour former une arête : il est mesuré par deux perpendiculaires menées d'un même point de cette arête, sur chacune des faces qui forment cet angle.

Il résulte de ce qui précède, qu'un seul point peut indiquer dans une projection la position de l'une des extrémités de toutes les lignes qui y aboutissent, soit pour former des angles solides, soit pour former des compartimens ou des combinaisons de joints sur une même surface composée de plusieurs pièces.

Les lignes ou surfaces représentées dans une projection, y sont exprimées ou dans toute leur étendue ou en raccourci.

Il n'y a que les lignes ou les surfaces parallèles au plan de projection, qui soient dans le premier cas; toutes les autres éprouvent un raccourcissement plus ou moins grand, qui dépend du degré de leur inclinaison à ce plan.

Il est à propos de remarquer qu'on peut tracer sur un plan, des lignes droites ou courbes dans tous les sens; d'où il résulte que les lignes qui ne sont pas parallèles entre elles, peuvent cependant l'être au plan de projection, et en conséquence ne pas changer de grandeur.

L'inclinaison d'une ligne par rapport au plan de projection, se mesure par la différence des perpendiculaires tirées de ses extrémités sur ce plan, ce qui donne dans tous les cas un triangle rectangle ACB, Figure 1, Planche LXXII. AC exprime dans ce cas la quantité dont le point A, de la ligne originale BA, s'éloigne du plan de projection BC; et la ligne BC, ou son égale DE la projection, ou longueur raccourcie de la ligne originale.

Il faut encore remarquer que la projection d'un objet change en raison de la position du plan sur lequel elle est faite. Cette position pourrait varier à l'infini; mais dans la pratique des arts, elle se réduit ordinairement à des plans horizontaux et verticaux auxquels on rapporte tous les points des objets à représenter.

La position horizontale, étant unique, ne produit qu'une seule projection, qu'on désigne sous le nom de plan géométral : mais comme un plan peut changer de position sans cesser d'être vertical, il en résulte

qu'on peut obtenir différentes projections verticales désignées par les noms d'élévations, de *coupes* et de *profils*.

Il est bon d'observer qu'en charpente ou en menuiserie, il faut quelquefois, comme dans la coupe des pierres, avoir recours à des surfaces préparatoires, pour parvenir à former les arêtes qui doivent terminer les solides. Ces arêtes ne suffisent pas toujours, il faut de plus connaître la nature des surfaces à former, la direction des lignes droites ou courbes dont elles se composent, afin de pouvoir les faire avec l'exactitude et la régularité convenables.

Il peut y avoir autant d'élévations que l'objet a de faces.

Les coupes et les profils sont des sections perpendiculaires aux faces; elles expriment les parties intérieures et les épaisseurs avec leurs contours. C'est au moyen de ces projections, des développemens et de la mesure des angles, qu'on vient à bout de tracer et d'exécuter avec précision toutes les pièces qui doivent composer un ouvrage quelconque de pierre de taille, de charpente ou de menuiserie. On appelle *développement* la projection particulière des faces d'un objet qui ne peuvent être représentées qu'en raccourci dans sa projection verticale ou horizontale, telles que les pentes BA, BD, du toit, dont le profil est représenté par les Figures 2 et 4.

Pour faire ce développement, on suppose que ces pentes se sont relevées, en tournant sur le point B, pour former la surface horizontale *aBd*, égale au profil ABD (*Fig.* 4). Dans les toits, l'inclinaison des pentes étant ordinairement selon la largeur, tandis que la longueur est de niveau, toutes les lignes dans le sens de la longueur, ainsi que leurs divisions, ne changent pas de grandeur dans la projection horizontale, (*Fig.* 3); d'où il résulte que, si après avoir abaissé des points *aBd* Figure 4, des parallèles indéfinies, on prolonge les lignes EF, GH, de la Figure 3, la surface des pentes développées sera représentée par *efgh* de la Figure 5.

On aura la division des chevrons I, I, I, en prolongeant de même sur la Figure 5 les lignes qui les indiquent dans la Figure 3.

Lorsque la largeur d'un comble est inégale, si l'on veut lui conserver une même hauteur, chaque ferme doit avoir une pente différente, d'où il résulte des surfaces gauches. On pourrait éviter ce gauche en donnant à chaque ferme une même pente; mais alors la hauteur du toit

deviendrait inégale, en sorte que si la base du comble était de niveau, le faîtage serait en pente, ce qui produirait un effet plus désagréable que celui des surfaces gauches, parce qu'il serait plus apparent.

On peut encore éviter le gauche des surfaces et conserver une même hauteur aux combles à deux pentes, dont la largeur est inégale, Fig. 6, en prenant le petit pignon, Fig. 7, pour ferme principale, et tirant du milieu E de la ligne AB, qui le représente sur le plan, des parallèles aux grandes faces AC, BD. Ces lignes EH, EG, indiqueront la position des doubles faîtages posés à la même hauteur, auxquels doivent se terminer les pentes, le long de ces faces, pour former des surfaces droites et sans gauche.

La partie triangulaire HEG formera ou une plate-forme couverte en plomb, ou une noue renfoncée qui se raccordera avec le double pignon dont la face est représentée en plan, par la ligne CD, et en élévation par CKMLD, Figure 8. Mais ce moyen produit un comble fort compliqué, qui devient très-coûteux et sujet à de plus grands inconvéniens que les combles gauches, surtout si l'on fait une noue renfoncée, où les neiges séjournent très-long-temps dans les pays froids.

Formation d'un comble à deux pentes sur un plan dont la largeur est inégale, et dont le faîtage et la base doivent être de niveau.

Après avoir tracé le trapèze ABCD, Figure 1, Planche LXXIII, qui forme le plan de ce comble, on fera passer par le milieu des côtés AB, CD, qui doivent former pignons, une ligne droite EI, qui indiquera la projection de l'arête du faîtage. La hauteur de ce faîtage devant être partout la même, tandis que la largeur varie, il doit en résulter des pentes différentes pour chaque point de la longueur, et conséquemment des surfaces gauches.

Si l'on voulait répartir le gauche de ces surfaces sur chacune des pièces de charpente qui doivent composer le comble, il en résulterait un travail considérable qui ne procurerait pas plus de solidité; c'est pourquoi on peut se borner à la surface supérieure des chevrons et des pannes. Il suffirait même de former dans ces dernières de légères entailles aux endroits où les chevrons doivent porter, ce qui aurait l'avantage de les fixer d'une manière plus solide.

Nous avons déjà parlé des surfaces gauches au Livre IIe., page 29,

à l'occasion des lits de pierres; on peut les considérer comme étant formées de lignes droites qui ne sont pas dans un même plan, c'est-à-dire qu'en bornoyant une des arêtes, celles opposées paraissent s'élever ou s'abaisser au lieu de se confondre, comme dans une surface plane.

Si l'on applique sur une surface gauche dont la forme est rectangulaire, une régle, parallèlement à un de ses côtés, elle joindra dans toute sa longueur; mais si on l'applique obliquement, on trouvera cette surface concave ou convexe, tandis qu'une surface qui n'est pas gauche, est toujours droite, de quelque manière qu'on y applique une régle.

Il faut remarquer qu'une surface triangulaire terminée par des lignes droites, ne peut jamais être gauche, parce que chacune de ces lignes se réunissant à deux autres qui aboutissent à un même point, elles se trouvent nécessairement toutes les trois dans un même plan

Lorsque la forme d'une surface gauche est un quadrilatère irrégulier, on trouvera la direction des lignes droites dont elle peut être formée en prolongeant les deux arêtes opposées qui tendent à se rapprocher, telles que BD, AC, Figure 2, jusqu'à ce qu'elles se rencontrent en un point F : toutes les lignes tirées de ce point au côté DC, qui forme la base du triangle, seront des lignes droites. Lorsque le point de concours est trop éloigné, on tire du point B une parallèle à DC; et après avoir divisé ces deux lignes en parties égales, on trace, des points correspondans, des lignes droites, sur lesquelles, si l'on applique l'arête d'une régle, elle touchera la surface dans toute sa longueur.

Lorsque la surface d'un comble a assez de gauche pour qu'il puisse être sensible dans la largeur d'un chevron, on trace d'abord le chevron en plan, Figure 3; après quoi, de son extrémité la plus courte *a*, on tire une ligne d'équerre *ab*, qui indique la mesure du biais. Plaçant ensuite le chevron suivant la pente répondant à la plus grande longueur, on portera sur la ligne de niveau *cd*, Figure 4, qui doit lui servir de base, la mesure *fb* du biais, de *d* en *e*; ensuite, avec une régle ou un cordeau, on tracera du haut du chevron la ligne *ge*, qui indiquera le démaigrissement à faire pour lui donner en dessus le gauche qui lui convient.

Pour trouver le gauche d'une des pannes, on tracera le dessus des arbalétriers des fermes sur lesquelles elles doivent porter, avec le dessous des chevrons qui doivent y correspondre; ayant ensuite choisi un des bouts de la panne pour porter carrément sur un des arbalétriers,

on tracera sur l'autre bout la différence occasionée par le gauche de la pente, comme on le voit à la Figure 5 : *abcd* indique le bout qui porte carrément sur un des arbalétriers, et *efdc* celui qui porte sur l'autre; *bd* est la pente du dessus du premier arbalétrier, et *fd* celle du second.

L'usage n'étant pas de dresser et d'équarrir les bois dans la charpente comme dans la menuiserie, pour tracer leur assemblage avec plus de facilité et de précision, on les présente l'un sur l'autre, dans la position qu'ils doivent avoir dans l'assemblage : pour opérer on se sert d'un plomb et d'un cordeau blanchi que les ouvriers appellent *ligne*. Comme on tend le cordeau et qu'on le soulève dans le milieu pour le faire battre et tracer les lignes, les ouvriers désignent cette opération par l'expression de *battre la ligne*.

CHAPITRE DEUXIÈME.

DES COMBLES PYRAMIDAUX ET DES RENCONTRES OU PÉNÉTRATIONS DE COMBLES.

ARTICLE PREMIER. — COMBLE EN PAVILLON SUR PLAN RÉGULIER.

Lorsqu'au lieu de former pignons, les deux extrémités d'un comble sont terminées par des pentes qui se raccordent avec celles des autres côtés, il en résulte une figure pyramidale. Si la base est formée par un carré ou par un polygone dont les côtés soient égaux, cette pyramide sera composée d'autant de triangles que le polygone aura de côtés. On donne à cette espèce de comble le nom de pavillon. Les pentes triangulaires forment à leur réunion des arêtes qu'on soutient par des fermes (ou demi-fermes à l'extrémité des combles ordinaires) dites d'*arêtiers*, sur le dessus desquelles on fait ordinairement porter les chevrons des deux pentes qui viennent se rencontrer aux angles.

Les surfaces triangulaires comprises entre deux arêtiers, appelées croupes, sont divisées dans leur milieu par des fermes (ou demi-fermes dans les combles ordinaires) dites *de croupe*, et terminées par des chevrons de différentes longueurs : celui du milieu, qui est le plus long, s'assemble par le haut dans le poinçon, et par le bas dans une plate-forme ; on le désigne sous le nom de chevron de croupe ou de ferme.

Les autres chevrons, appelés *empanons*, s'assemblent par le haut dans les arêtiers, et par le bas dans la même plate-forme que le chevron de croupe.

La Figure 6 (même Planche) représente la projection en plan d'un pavillon carré, où l'on a marqué les pièces dont il doit être composé.

Les arêtiers sont indiqués par la lettre *a*.

b indique les quatre principaux chevrons qui s'assemblent, ainsi que les arêtiers, dans le poinçon C.

Les autres chevrons, appelés *empanons*, désignés par la lettre *d*, s'assemblent dans les arêtiers.

e indique les pannes qui paraissent entre les chevrons ; *f* et *g* sont les sablières dans lesquelles sont entaillés les pieds des chevrons.

Lorsque les arbalétriers des fermes d'arêtiers ne forment pas en même temps l'arête du comble, leur exécution ne présentera pas plus de difficulté que dans les combles ordinaires. Les entraits peuvent être faits avec des plates-formes de 4 à 5 pouces d'épaisseur, entaillées à mi-bois à l'endroit où elles se croisent.

Si ce sont les arbalétriers de ces fermes qui servent d'arêtiers, on trouvera l'angle que doit former l'arête, après avoir dressé la pièce par-dessus, en traçant avec un cordeau une ligne dans le milieu de sa largeur; l'ayant posée ensuite selon sa pente, déterminée par une ligne de base sur laquelle on portera le *reculement* ou ralongement CH de l'arêtier, Fig. 8, on tirera sur le plan, Figure 9, la ligne *ik*, et on prendra la distance C*h*, qu'on portera sur la ligne de base tracée sur la pièce de C en *n*. Enfin du point *n* on tracera sur la pièce avec un cordeau la ligne *on*, parallèlement à la ligne d'arête. Cette ligne indiquera le délardement de la pièce pour former l'arêtier, en abattant le bois depuis la ligne *on*, jusqu'à celle qui indique l'arête du milieu.

Ces arêtiers s'assembleront par le haut dans le poinçon comme l'indique la Figure 7, et par le bas dans la sablière, comme les arbalétriers ordinaires, avec des tenons et des mortaises. Pour les tracer, on posera le poinçon sur le bout supérieur de l'arêtier, selon la position qu'il doit avoir, comme CD Figure 10, et après avoir marqué sur l'arbalétrier la ligne de jonction *lm*, on lui mènera une parallèle à environ 3 pouces pour la longueur du tenon; ayant ensuite coupé le surplus, on tracera sur le bout l'épaisseur du tenon auquel on donnera le quart de la largeur de la pièce; mais comme ce tenon deviendrait trop aigu par le haut, on en coupera le bout carrément, selon la ligne *lp*, à la naissance du tenon.

Pour tracer les mortaises, il faudra d'abord dresser la partie des faces du poinçon dans lesquelles elles doivent être creusées; et après avoir marqué la hauteur du dessus du tenon et son dessous, on tracera deux lignes qui indiqueront sa largeur, correspondante à celle du tenon. Le haut sera creusé carrément, et le bas en pente selon l'inclinaison de l'arêtier; cet assemblage sera fixé par des chevilles de fer qui passeront au travers des mortaises et des tenons. Le bas de l'arêtier s'assemblera de la même manière; il est représenté par la Figure 11.

Comme toutes ces pièces, à cause de leur inclinaison, ne peuvent être représentées qu'en raccourci sur un plan horizontal, on les trace

sur chaque partie de surface développée en prenant toutes les largeurs qui ne changent pas sur le plan horizontal, et les longueurs sur le profil. Ainsi, pour une croupe triangulaire telle que *ab*C, Figure 7, après avoir tiré une ligne égale à *ab*, Figure 12, qui ne change pas, on prendra la longueur du milieu sur le profil qu'on portera de *d* en *c*, et on tirera les droites *ca*, *cb*, qui exprimeront la forme et l'étendue exactes de la surface du triangle de croupe.

Lorsque le triangle est isocèle, la hauteur *cd*, perpendiculaire à la base *ab*, tombe au milieu de cette base; mais si le triangle est scalène, c'est-à-dire, si les lignes qui forment le milieu des arêtiers sont inégales, cette perpendiculaire divisera la base en deux parties inégales; et comme cette base ne change pas, le point *d* se trouve placé de même dans la projection en plan et dans le développement.

Après avoir porté, d'après l'ételon ou épure, Figure 6, la grosseur et l'espacement des chevrons sur la base du triangle de croupe ainsi développé, on élèvera par tous ces points des parallèles à la perpendiculaire abaissée du sommet du triangle, qui donneront, par leurs intersections avec les lignes de pente, les chevrons de croupe et empanons dans leur véritable longueur. Les lignes *ca*, *cb* font aussi connaître l'angle des arêtiers dans toute sa grandeur; et l'on peut avoir celle de la surface du demi-délardement de la pièce, en portant sa largeur à l'intérieur des lignes de pente, et menant des parallèles à ces lignes, entre la base et le sommet du triangle.

Il faut remarquer que cette extension, appelée *herse*, par les charpentiers, donne les longueurs justes sans rien changer aux dimensions de largeur.

Il y a différentes manières de fixer les chevrons sur la pente des combles: leur pied est ordinairement maintenu dans des pas, ou entailles en embrèvemens, pratiquées à distances égales dans la plate-forme ou sablière. Par le haut, on se contente quelquefois de les faire poser sur le faitage ou sur les arêtiers, et on les arrête avec des chevilles de bois ou de fer, après les avoir coupés d'onglet, suivant l'angle qu'ils doivent former à leur réunion, soit en plan, soit en élévation, Fig. 13.

Plusieurs charpentiers les assemblent à tenons et mortaises dans les arêtiers, et ceux opposés qui se rencontrent sur le faitage, à moitié bois, ou en faisant un tenon au bout de l'un, et une entaille fourchue

au bout de l'autre, pour recevoir le tenon, comme on le voit par la Figure 14. D'autres assemblent les empanons dans les arêtiers, et les chevrons dans le faîtage, par le moyen d'entailles à mi-bois fixées par des chevilles de bois ou de fer, Figure 15. Cette méthode est celle qui me paraît la plus convenable, par le double avantage qu'elle procure de lier les pièces de bois les unes avec les autres, d'une manière fort simple et très-solide.

Pour le premier cas, où les chevrons sont simplement posés sur le faîtage et les empanons sur les arêtiers, leurs extrémités supérieures doivent être coupées de manière que leur réunion forme un joint d'aplomb. Pour tracer cette coupe, il faut, après avoir indiqué le chevron ou l'empanon sur le profil, Fig. 13, tirer la perpendiculaire *df* du point où il pose sur l'arête du faîtage ou de l'arêtier, et porter *fh* au-dessus. On peut encore placer le chevron ou l'empanon sur le profil, afin de relever les points avec un plomb, comme nous l'avons ci-devant indiqué. Ce moyen est le plus usité.

Lorsqu'on veut assembler les chevrons ou les empanons à tenons et mortaises, il faut, après les avoir tracés sur la herse ou développement, et sur le profil, tirer sur chacun, comme pour l'exemple précédent, une perpendiculaire du côté le plus court pour avoir la différence que donne le biais; on tracera par ce moyen la coupe du bout: ayant ensuite mené des parallèles au plan de joint pour marquer la longueur du tenon, on divisera l'épaisseur du chevron ou de l'empanon en trois, et on mènera d'autres parallèles pour marquer l'épaisseur du tenon, ainsi qu'on le voit par les Figures 16 et 17. Pour tracer les mortaises sur les arêtiers, on tirera des lignes à plomb sur les côtés aux distances indiquées par le développement; entre ces lignes on mènera des parallèles d'après les distances prises sur le profil, ainsi qu'on le voit indiqué par la Figure 18.

Il faut que ces mortaises soient creusées selon la pente indiquée par les lignes de profil. Pour le faire plus facilement, on place l'arêtier de manière que cette direction se trouve d'aplomb; et pour que l'angle des tenons des empanons ne devienne pas trop aigu, ce qui serait encore plus défectueux pour le cas dont il s'agit, on coupe le bout carrément et on creuse la mortaise en conséquence.

Il y a en construction une règle générale dont on ne devrait jamais s'écarter, à moins d'y être contraint par la nécessité, c'est que tous les

joints ou coupes des pièces qui composent un assemblage quelconque, doivent toujours être perpendiculaires à la surface qu'elles doivent former; cette règle de stéréotomie est commune à la coupe des pierres, à la charpente et à la menuiserie. D'après ce principe, les trois assemblages dont il vient d'être question devraient être comme ils sont indiqués dans les Figures 19, 20 et 21.

Les assemblages de chevrons ou empanons par entailles, se tracent par les mêmes moyens que nous venons d'indiquer, tant pour le bas que pour le haut, c'est-à-dire, par des perpendiculaires, pour trouver le biais des coupes; ou en posant les pièces sur les sablières, faitages ou arêtiers, telles qu'elles doivent se trouver étant assemblées.

ARTICLE II. — COMBLE EN PAVILLON SUR PLAN IRRÉGULIER.

Plusieurs auteurs et démonstrateurs de charpente, pour se faire un mérite de la difficulté vaincue, affectent de répartir les moindres irrégularités sur toutes les pièces de la charpente d'un comble, au lieu de se borner à celles sur lesquelles ces irrégularités ou ces difficultés deviennent inévitables. Par exemple, il est inutile de biaiser les faces latérales des chevrons ou empanons, parce que les surfaces qu'ils doivent former ne sont pas des rectangles ou des triangles isocèles, si d'ailleurs elles sont droites. Quand ces surfaces sont gauches, il suffit de refaire les côtés des pièces qui y répondent, ainsi que nous l'avons expliqué pour les combles gauches à deux pentes, en se rappelant ce que nous avons dit des parties triangulaires, qui ne peuvent pas être gauches, à moins que les lignes des arêtiers ne soient pas droites.

Il résulte de cette observation qu'un pavillon à un seul poinçon, dont la base est un polygone quelconque, régulier ou irrégulier, formé par des pentes ou croupes triangulaires répondantes à chaque face, ne présente pas beaucoup plus de difficulté dans son exécution qu'un pavillon sur un plan carré.

Il est à propos de donner au poinçon de ces combles la forme du polygone de la base, comme on le voit par la Figure 22, et de considérer chaque arêtier comme une demi-ferme, dont l'épaisseur est parallèle à l'arête qui passe par le milieu de l'arêtier.

Pour avoir le rallongement des chevrons et empanons, on fera le développement de chaque triangle de croupe, sur lequel on les indiquera, en observant qu'ils doivent être parallèles à la ligne abaissée perpendiculairement du poinçon formant le sommet du triangle, sur la ligne de face qui lui sert de base; et après avoir fait les profils correspondans, on tracera sur les bois les assemblages par la méthode des perpendiculaires ci-devant indiquée, qui peut s'appliquer à toutes sortes de biais, tant en plan qu'en élévation.

S'il s'agit d'un comble à deux pentes, sur un trapézoïde allongé, terminé par deux croupes, comme celui représenté par la Figure 23, pour tracer la projection en plan, on commencera par tirer une ligne *ef* du milieu d'une des faces de croupe à l'autre pour marquer la direction du faîtage; on portera sur cette ligne, d'une part, la moitié *fc* de *f* en *d*, et de l'autre, la moitié *be* de *e* en *g*. Les deux points *d* et *g* indiqueront le milieu des poinçons; ensuite, des points *d* et *g* des perpendiculaires *g* 1, *g* 2, *g* 3, et *d* 1, *d* 2, *d* 3, on abaissera des perpendiculaires sur chacune des faces, auxquelles on mènera des parallèles à une distance convenable, pour indiquer le milieu des chevrons et des empanons.

Pour avoir leur longueur et leurs coupes, on fera le développement de chacune de ces parties d'après les profils pris sur les lignes *g* 1, *g* 2, *g* 3, et *d* 1, *d* 2, *d* 3, qui doivent tous avoir une même hauteur, pour que l'arête du faîtage *dg* puisse être de niveau. Après avoir tracé sur ces développemens les chevrons et les empanons, pour former ce que les charpentiers appellent *herses*, on relèvera leurs coupes par la méthode ci-devant indiquée.

Si le comble n'est pas bien grand, il suffit, pour le soutenir, de quatre demi-fermes d'arêtiers assemblées dans les deux poinçons, qui seront tournés diagonalement pour recevoir leur assemblage. Afin de retenir l'écartement des arêtiers ou arbalétriers, on posera des plates-formes selon leur direction et celle du faîtage, fortement assemblées les unes avec les autres et avec les sablières qui reçoivent les pas des chevrons.

Si la longueur du comble est considérable, outre ces demi-fermes d'arêtiers on en ajoutera d'entières dans l'intervalle pour soutenir la portée des pannes. On leur donnera, autant qu'il sera possible, une direction perpendiculaire au faîtage.

ARTICLE III. — DES NOUES ET NOULETS.

Lorsque deux parties de bâtiment se réunissent angulairement, comme l'indique la Figure 1, Planche LXXIV, le pli de la couverture qui répond à l'angle interne prend le nom de *noue*.

La formation de cette noue ne présente pas plus de difficultés que celle d'un arêtier; les empanons s'y assemblent de la même manière: la seule différence est que le dessus offre un angle rentrant, au lieu d'un angle saillant. Comme cet angle résulte de la rencontre de deux surfaces en pente, il faut que la pièce de bois qui porte l'arête rentrante reçoive une partie de chacune de ces surfaces. Pour trouver l'angle qu'elles doivent former, il faut, après avoir fait la projection en plan de cette pièce A, Figure 2, tracer le profil de sa pente au droit du pli B, Figure 3, et après avoir porté le *reculement* de l'angle *cd* A sur l'horizontale, le renvoyer perpendiculairement en *f* jusqu'à la rencontre de la section perpendiculaire faite à l'extrémité de B; menant ensuite par ce point *f* une parallèle à B, la distance *fe*, de ces deux parallèles indiquera la mesure du recreusement de l'angle de la pièce. Supposons que *a*, *b*, *c*, *d*, Figure 4, soit le bout de cette pièce coupée carrément, on portera sur le milieu la mesure *fe* du recreusement, et on tirera les lignes *ce*, *ed*, qui donneront la véritable mesure de l'angle.

Afin de former cet angle avec plus de régularité, on peut se servir d'un calibre taillé selon l'angle *c*, *e*, *d*. Pour les coupes du bas et du haut, on opérera comme nous l'avons dit ci-devant pour les arêtiers.

Lorsque plusieurs pièces de bois doivent s'assembler dans un même poinçon, tel que celui de l'exemple précédent, qui reçoit deux faîtages, un arêtier, une noue et deux chevrons de croupe, on peut, afin de moins affaiblir le poinçon, y pratiquer une entaille tout autour, qui forme une espèce de tête en queue d'aronde, Figures 4, 5 et 6. Les pièces assemblées dans cette entaille y seraient retenues par un polygone de fer plat, cloué dessus, qui les assujétirait toutes autour du poinçon, de manière à ne pas pouvoir s'en écarter.

La base de ce poinçon formerait un polygone, dont chaque face serait perpendiculaire à la direction de la pièce qui doit s'y assembler.

Tous les joints ou *déjoutemens* partant des angles 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 et 8, doivent être d'aplomb, et tendre au centre du poinçon.

Manière de tracer l'assemblage de toutes ces pièces.

Nous supposerons que leur position est telle, qu'en traçant sur la face inférieure de chacune, une ligne en travers perpendiculaire à sa direction, elle se trouve de niveau, parce que c'est la position la plus convenable tant pour la solidité que pour la régularité.

Les faitages B et D, qui sont horizontaux, ne présentent aucune difficulté. La projection en plan donne la forme de leurs coupes ou *déjoutemens* indiqués par les chiffres 8, 9, 10 et 1, pour le faitage B, et 2 11, 3 12 pour le faîtage D. Ces coupes doivent être verticales, c'est-à-dire d'équerre à la surface de dessous; elles sont marquées des mêmes chiffres sur le profil pour le faitage D.

La Fig. 5 indique la coupe du faîtage prise carrément sur la largeur.

La Figure 6 indique le profil de la noue, d'après la pente du milieu qui doit aboutir au sommet du poinçon. Cette pente étant tracée ainsi que la verticale A *a* qui passe par le milieu du poinçon, on prendra sur le plan les distances A *b*, A *c*, qu'on portera sur l'horizontale AH du profil aux points *b' c'*, par lesquels on mènera des parallèles à la verticale A *a*, qui indiqueront la projection du déjoutement et la direction des arêtes qui le terminent. Si du point 11, on tire au sommet la ligne 11 A, la partie 2, 11 indiquera une des arêtes du dessus en raccourci.

La Figure 7 indique la coupe en travers de cette noue prise carrément.

La Figure 8 indique le profil de la coupe du bout de l'arêtier; on y a tracé, par le même procédé les lignes du déjoutement.

Le numéro 9 représente un chevron de ferme, figuré par les mêmes procédés. Toutes ces pièces se tracent de la manière ordinaire, en les couchant sur le profil. On peut encore les tracer par le moyen des perpendiculaires *dh*, en reportant à droite et à gauche de cette ligne les points qui servent à déterminer la forme des coupes et des joints. Ce moyen est encore plus expéditif.

La Figure 10 indique un procédé fort simple pour mener d'un point donné une ligne d'équerre ou perpendiculaire à une pièce de bois. Du

point *b* on tirera une ligne inclinée *ab*, qu'on divisera en deux au point *e*, duquel, comme centre, on décrira sur *ab* une demi-circonférence de cercle qui coupera le côté de la pièce en un point *c* par lequel on tirera la ligne *cb* qui sera d'équerre à *ac*, et par conséquent à *bd* qui lui est parallèle.

DES NOULETS.

Les noulets sont des espèces de fermes qui se placent à la rencontre d'un toit à deux égouts par la pente d'un autre comble d'une plus grande étendue. Ces noulets forment, dans la projection en plan, Planche LXXV, Figure 2, un angle composé de deux pièces de bois appelées branches de noulet, dans lesquelles s'assemblent de petits chevrons ou empanons.

Lorsqu'il ne s'agit que d'un petit comble comme celui d'une lucarne, les noulets se posent sur la pente du grand toit, c'est-à-dire sur les chevrons; ce ne sont que des chevrons délardés en biseau pour former le raccordement des pentes du petit comble, et recevoir le pied des fermettes en empanon.

Pour les grands combles, les noulets sont plus considérables; ils forment des espèces de fermes couchées sur la pente qu'ils rencontrent. Ces fermes sont garnies quelquefois de poinçons, de contre-fiches, de faux-entraits et d'esseliers.

L'exécution de ce genre d'ouvrage devient plus difficile en raison de la position et de la forme des surfaces qu'il s'agit de former, de leur irrégularité, et de la manière plus ou moins oblique dont elles se rencontrent.

Les pièces dont ils se composent ne pouvant, à cause des pentes, être représentées qu'en raccourci sur l'épure ou plan horizontal, il faut trouver :

1°. Leur longueur réelle;

2°. La forme de leur grosseur prise perpendiculairement à leur longueur;

3°. Leurs coupes du haut et du bas et autres assemblages.

Pour déterminer toutes ces parties avec exactitude, il est nécessaire de faire, indépendamment de l'épure ou projection horizontale, l'élévation et le profil des parties du toit dont les noulets forment la réunion : il est même à propos d'en faire les développemens, pour mieux s'assurer de l'effet qu'ils doivent produire.

Exemple pour un noulet biais, simple.

Sa projection en plan est exprimée par la Figure 2, elle représente le raccordement d'un petit toit avec la pente d'un grand comble.

La Figure 4 représente une des fermettes entières du petit toit, marquée ONP sur le plan, Figure 2.

La ligne CB, Figure 3, indique la pente du grand comble, qui correspond à la ligne BD, du plan, Figure 2, perpendiculaire à la ligne de face AC.

La Figure 5 est un profil ou élévation de côté, selon la direction du petit toit.

Toutes les surfaces des parties de comble qui se réunissent pour former ce noulet étant inclinées, il ne doit y avoir, d'après les principes de projection ci-devant démontrés, que la Figure 4 où les lignes soient exprimées dans toute leur longueur, parce qu'elles sont parallèles au plan de projection.

Dans la Figure 2, il n'y a que les lignes AC, BG, qui soient exprimées selon leur véritable grandeur, parce qu'elles sont horizontales comme le plan de projection.

Dans la Figure 5 la ligne du faitage N''' B'', et celles qui lui correspondent dans le même plan vertical, telles que B'' G' et AO, sont seules dans toute leur grandeur.

Le point B de la Figure 2, où se réunissent les arêtes extérieures des branches de noulet, étant plus élevé que les points A et C d'une grandeur égale à N' F, Figure 4, laquelle exprime la hauteur du petit comble, pour avoir la vraie longueur des lignes AB, BC, on élévera du point B des perpendiculaires égales à N' F, et on tirera les lignes AN'', CN'', qui exprimeront ces longueurs.

La ligne AC ne changeant pas de longueur, on aura donc les trois lignes pour former le développement de la partie triangulaire de la pente du grand comble, sur laquelle doivent être posées les branches de noulet. Ainsi, ayant formé, par le moyen de ces trois lignes, le triangle A'B'C', Figure 6, on pourra tracer dessus ces branches dans toute leur longueur et grosseur.

On commencera par chercher le profil d'épaisseur des branches, pris perpendiculairement à leur longueur. Pour cela, on tirera du

point G' la perpendiculaire G'H sur A'B'. Considérant ensuite que le point H est plus élevé que le point G', on prendra la distance du point H à la ligne A'G', qu'on portera sur le profil de pente, (*Fig.* 3), de C en *d*; on abaissera la perpendiculaire *db*. Ayant ensuite décrit sur HG' comme diamètre, une demi-circonférence de cercle, on portera la hauteur *db* de H en I, et on tirera IG' qui sera la base horizontale de la pente HG': Ayant ensuite élevé du point G' une perpendiculaire à IG' égale à FN' (*Figure* 4), qui indique la hauteur du petit comble, on tirera KH qui exprimera la pente du petit comble, répondant à la ligne HG. Ayant ensuite mené à cette ligne une parallèle, à une distance égale à l'épaisseur qu'on veut donner aux chevrons, le point *e* où elle coupera la ligne HG' indiquera la moindre largeur H*e* à donner à cette branche de noulet; le troisième côté du profil d'épaisseur sera formé par une perpendiculaire *ef* sur HK. Cette forme d'épaisseur est suffisante lorsqu'il ne s'agit que d'un petit comble de lucarne, parce qu'on se contente d'arrêter le bas des chevrons avec des chevillettes, sans tenon ni entaille.

Pour les combles plus considérables, on prend pour la largeur de la base H*e*, la coupe oblique *g*P' du chevron de ferme, Figure 4, et on tire comme ci-devant *ef* perpendiculaire à H*f*; on pratique dans la face *ef* des mortaises pour recevoir les tenons des bouts des chevrons.

Il y a des charpentiers qui font le dessus des branches de noulet parallèle au dessous *he*, Figure 7, en donnant à l'épaisseur *el* celle d'un chevron, de manière que la largeur du dessus soit assez grande pour que la coupe du chevron puisse poser dessus. La Figure 8 offre encore un autre moyen qui consiste à tailler la même face égale à l'épaisseur verticale des chevrons. On y pratique aussi des mortaises pour recevoir les tenons des chevrons, comme on le voit aux Figures 9 à 12; mais on pourrait se contenter d'y faire des entailles comme dans les plates-formes qui reçoivent le pied des chevrons au bas des combles.

Si l'on veut que les branches de noulet portent sur les plates-formes horizontales qui reçoivent les chevrons du petit comble, il faudra, pour avoir le rallongement de l'arête du dessus, observer qu'elle doit se trouver dans un plan parallèle à la pente du comble sur lequel ils sont posés. Ainsi, en menant sur le profil de pente, Figure 3, une parallèle à une distance égale à la hauteur de l'arête *f*, au-dessus de la ligne H*e* (*Figure* 5), et élevant du point C la perpendiculaire C*m*, la

partie *mn* indiquera l'avancement au droit de la ligne B' D', Figure 5, sur le prolongement de laquelle on le portera de D en *o*. Par ce point *o* on mènera une parallèle à A' C', qui coupera les arêtes prolongées aux points *p* et *q*, qui indiqueront leur rallongement, dont on aura la forme en tirant les lignes A' *p*, *p*M et *q*R, *q*C'.

Les branches de noulet étant taillées selon leur forme de grosseur, on les coupera de longueur selon le profil de leur coupe, par le moyen des perpendiculaires L*s*, L*y*, M*r*, et R*x*, en prenant les avances des arêtes d'après ces lignes.

Pour les chevrons de ferme et d'empanon qui doivent former les surfaces inclinées du petit comble, on fera à l'ordinaire le développement de ces surfaces, Figure 9, avec leurs chevrons.

Comme ces chevrons sont posés perpendiculairement à la ligne du milieu BN (*Figure* 2), qui représente l'arête du faîtage, lequel ne change pas de grandeur, il ne s'agira, pour faire ce développement, Figure 9, après avoir fait B'''', N'''' égal à BN, que d'étendre NP, NO, selon les lignes de pente de la fermette (*Figure* 4). On fera ensuite les parallèles A'' O'' et C'' P'' égales à AO, CP de la Figure 1, et on tirera A'' B'''' et B'''' C'', qui donneront l'ensemble du développement, sur lequel on tracera les chevrons à même distance que dans la Figure 2, avec leurs assemblages à tenon et fourchette par le haut, et à tenon dans les branches de noulet, dont A'' *mt* B'''', C*rt* B'''' (*Figure* 9) indiquent le dessus développé, faisant partie de la pente de ce petit comble.

On pratiquera dans ces branches de noulets des mortaises, pour recevoir le bout des empanons terminés en tenons, ainsi qu'on le voit par les Figures 10, 11 et 12.

Le tracé de ces assemblages ne présente pas plus de difficultés que ceux des chevrons et empanons ordinaires, et même moins, si l'on donne aux branches de noulet la forme d'épaisseur indiquée par *hfe*, Figures 6 et 8, où l'on a fait *fe* perpendiculaire à *hf*, en sorte qu'ils peuvent s'établir sur le développement de herse comme un pan de bois ou un plancher sur son épure.

Les noulets sont quelquefois des fermes complètes, comme dans la Figure 1 de la Planche LXXVI, couchées sur la pente du grand comble, et garnies de poinçons, de contre-fiches, d'entraits, d'esseliers et de jambettes. Mais il faut observer que ces fermes ne devien-

nent difficiles que parce qu'on affecte, mal à propos, de donner à toutes les pièces dont elles se composent, un biais inutile et même vicieux, puisqu'au lieu d'ajouter à la solidité, il ne tend qu'à la diminuer. Ces fermes devant être comprises entre deux faces parallèles, il ne peut y avoir que les branches de noulet formant arbalétriers, qui aient besoin d'être assujetties au biais, parce qu'une de leurs faces doit former une partie des pentes du petit comble, comme dans les noulets simples. Il faut seulement que la forme d'épaisseur de ces noulets soit, comme celle de la Figure 6, comprise entre deux faces parallèles *he*, *fl*, et que celle intérieure leur soit perpendiculaire. Le surplus devient une ferme ordinaire, dont toutes les pièces doivent s'assembler carrément à la surface du comble sur laquelle elle pose, et qui, par conséquent, se trace et s'exécute comme les fermes ordinaires, en les établissant sur l'épure faite d'après le rallongement de la pente. Toutes les parties semblables et correspondantes de cette ferme, étant marquées des mêmes chiffres et lettres dans les détails et dans l'épure, on se croit dispensé, d'après ce qui a été dit précédemment, de rien ajouter pour l'intelligence de cette espèce de ferme.

Le petit comble est terminé par un faitage, dans lequel s'assemblent les chevrons et les empanons; ce moyen, qui relie plus solidement la ferme couchée avec la ferme droite et les chevrons, a encore l'avantage de former d'une manière plus précise et plus solide l'arête supérieure du petit comble.

CHAPITRE TROISIÈME.

DES COMBLES A PLUSIEURS ÉPIS.

Quoique ce genre de couverture présente des inconvéniens, à cause des noues renfoncées, cependant, comme la nécessité peut quelquefois obliger d'y avoir recours pour des pavillons qui ont beaucoup de largeur et d'épaisseur, nous allons indiquer le moyen de les faire de la manière la plus régulière et la moins désavantageuse.

Soit un pavillon dont le plan est représenté par le contour ABCDEFGH de la projection horizontale, Figure 1, Planche LXXVII.

On commencera par diviser chaque face en deux parties égales, aux points O, Q, P, R, par lesquels on fera passer les deux diamètres OP, QR, qui se croiseront au centre N, où doit être placé le poinçon du milieu.

Pour avoir la position des quatre autres poinçons, il faut imaginer que les quatre croupes au-dessus des grandes faces font partie du toit pyramidal, dont la pointe, répondant au centre N du plan, est beaucoup plus élevée que le toit que l'on veut faire, en sorte que son profil sur la ligne OP serait exprimé par ON'P, et celui sur la ligne QR par QN'' R, qui ont même hauteur.

On portera ensuite la hauteur fixée pour les quatre croupes, qui doit être la même, de N en *b* et de N en *e*.

On tirera de ces points des parallèles aux diamètres OP, QR qui couperont les lignes de pente de ces profils, d'une part aux points *a* et *c* et de l'autre aux points *d* et *f*.

De ces points on tirera d'autres parallèles aux axes NN', NN'', qui couperont les lignes de milieu OP, QR aux points IKLM, qui indiqueront sur le plan de projection les sommets des quatre croupes AKB DLE, EMF et HIA.

Les lignes AK, KB; DL, LE; EM, MF; HI, IA, indiqueront les arêtiers des quatre croupes; et les parties des lignes IL, KM qui se croisent au centre N, les faîtages des parties de comble formant noue, qui se réunissent aux croupes; ces faîtages doivent être de niveau.

Les demi-diagonales NA, NC, NE et NG, indiquent les arêtes renfoncées des quatre noues dont les pentes sont exprimées par les triangles GN'''C AN''''E.

Les chevrons ou empanons qui se réunissent aux faitages IL, KM seront disposés perpendiculairement à ces faitages : il faut remarquer que ces chevrons ne formeront pas des losanges concentriques, parce qu'ils ne peuvent se raccorder que sur une des diagonales CNG.

Les chevrons des croupes seront parallèles aux lignes KQ, IO, LP et MR, le tout comme on le voit représenté sur le plan de projection, Figure 1.

Pour avoir le rallongement des pièces représentées en raccourci dans cette projection, on fera le développement des surfaces, Fig. 2, 3, 4 et 5, en cherchant la longueur des arêtes qui les terminent, telles que celles des arêtiers et des noues qui doivent toutes avoir une même hauteur de pente, puisque les faitages auxquels elles se raccordent sont de niveau. Pour cela, il suffira d'élever à l'extrémité A d'une ligne horizontale indéfinie, une perpendiculaire AB, Figure 6, égale à cette hauteur de pente. On prendra ensuite sur le plan la longueur de chacune des arêtes dont on voudra avoir le rallongement, qu'on portera sur la ligne horizontale à partir du point A sur AC, et on tirera la ligne de pente du sommet B à ce point, qui exprimera le rallongement que l'on cherche. Ainsi, pour le triangle de croupe EFM, après avoir porté EM de A en C et FM de A en D, on tirera les lignes BC, BD qui exprimeront les rallongemens des arêtiers EM, MF; et, comme la ligne de base EF ne change pas de longueur, on aura les trois côtés pour former le développement de ce triangle.

En procédant de la même manière, on aura le développement des autres triangles de croupe. Quant aux trapézoïdes, tels que NGFM compris entre les arêtiers et les noues, on les divisera en deux triangles, par une diagonale telle que MG, pour lesquels on opérera de la même manière.

Ces développemens étant faits, on tracera sur chacun les chevrons ou empanons d'après les divisions de la projection en plan prises sur les lignes de niveau, telles que celles qui représentent les faitages et les lignes du pourtour formant égout.

Ces espèces d'épures, appelées *herses*, Figures 2, 3, 4 et 5, représentent les chevrons dans toute leur longueur; elles servent à tracer leurs coupes et leurs assemblages, par les procédés que nous avons ci-devant indiqués. Les autres Figures autour, dessinées plus en grand,

représentent les profils de grosseur des faîtages, des arêtiers et des noues, avec leurs assemblages, tant dans le poinçon du milieu que dans les quatre autres, et dans les entraits ou sablières du bas.

On démontre en géométrie que les figures semblables de différentes grandeurs ont leurs angles égaux, en sorte qu'elles ne diffèrent que par la longeur de leurs côtés, d'où il résulte que dans une figure qui en représente une plus grande, les angles correspondans sont les mêmes : d'après ce principe, pour avoir les angles que doivent former les dessus des arêtiers, des faîtages et des noues, avec plus de précision, on a cherché, d'après le plan de projection, Figure 1, ces angles, par des sections des pentes qui forment les arêtes des noues, faîtages et arêtiers, prises perpendiculairement aux lignes qui représentent ces arêtes.

Ainsi, pour le profil du recreusement de la noue marquée GN, on a porté sur la Figure 6 la ligne GN (*Figure* 1), qui représente la projection de l'arête rentrante du milieu, et on a tiré BN qui exprime la longueur en pente de cette arête. Ayant ensuite tiré, sur le plan de projection (*Figure* 1), une perpendiculaire à NG, terminée par les points I et M, des croupes qui sont à une même hauteur, ainsi que le point N, on a porté sur la Figure 6, la distance N 6 de B en d, et on a tiré dx perpendiculaire à BN, et ex perpendiculaire à AB. Ayant ensuite porté ex sur la projection (*Figure* 1), de N en 5, on a formé le triangle I 5 M, qui représente en raccourci le profil de la section perpendiculaire à l'arête rentrante de la noue indiquée par BN, Figure 6.

Pour avoir le développement de cette section, du point 6, Figure 8, qui représente cette noue plus en grand, indiquée par G, on a élevé une perpendiculaire égale à IM, divisée en même raison au point 6, et on a porté dx de la Figure 6, de 6 en 5; enfin, on a formé le triangle I 5 M qui donne l'angle du recreusement de la noue, pris perpendiculairement à sa longueur.

Pour avoir le profil du faîtage marqué LN sur les Figures 1 et 8, on a commencé par tirer sur la Figure 1 les lignes AC, EG où se termineraient les pentes partant de l'arête du faîtage INL, sans les avant-corps ABC, EFG. Ayant ensuite prolongé les lignes L 11, L 12 jusqu'à la rencontre des lignes CA, EG, elles représenteront la projection d'une section perpendiculaire à l'arête du faîtage, qui sera indiquée par un triangle dont la base serait exprimée par une ligne horizontale

égale à L 13 plus L 14, et la hauteur égale à *b* N qui indique la hauteur du faitage.

Ainsi, ayant porté cette hauteur sur la Figure 8, de L en P sur le prolongement de l'arête NL, on lui élève par ce point une perpendiculaire sur laquelle on porte L 13 de P en D, et L14 de P en E. Enfin, on a formé le triangle ELD, dont le sommet donne le profil du dessus du faitage. On a opéré de même pour trouver le profil des autres noues et faitages indiqués par les lettres I, A, K, C, E, M.

Pour les arêtiers, on a opéré ainsi : par exemple, pour celui indiqué dans les Figures 1 et 9 par LE, on a commencé à tirer par un point déterminé *m* (*Figure* 1), une perpendiculaire *gi* à LE, ensuite on a porté LE, de A en E, Figure 6, pour avoir la ligne de pente BE; on a porté E*m* de la Figure 1, de E en *m*, Figure 6, et du point *m* on a élevé une perpendiculaire sur la pente BE, et du point *h* une autre sur AE; après avoir porté *ck* sur la projection, Figure 1, de E en *h*, on a formé le triangle *ghi*, qui indique la projection en raccourci d'une section perpendiculaire à la ligne de pente de l'arêtier, dont on a fait le développement en tirant par le point *h*, Figure 9, une perpendiculaire sur laquelle on a porté *m i* de *h* en *i*, et *mg* de *k* en *g*; ayant ensuite porté *mh* de la Figure 6, de *h* en *b*, Figure 9, on a formé le triangle *gbi*, dont la partie supérieure indique le profil du dessus de l'arêtier pris perpendiculairement à sa longueur.

On a opéré de même pour l'arêtier LD. Le profil des autres arêtiers KB, KA; IA, IH; MF, ME se trouve par le même procédé.

La Fig. 10 indique l'effet de cette espèce de comble, dit à *cinq épis*, par le moyen des ombres.

CHAPITRE QUATRIÈME.

DES COMBLES CONIQUES.

Les bâtimens à base circulaire sont ordinairement terminés par des toits qui présentent la forme d'un cône. Les combles de charpente qui forment cette espèce de toit se composent de principaux chevrons en demi-fermes, assemblés par le haut dans un poinçon commun B, Figures 1 et 2, Planche LXXVIII, placé au centre, et par le bas dans une plate-forme circulaire souvent double comme CD, dont les pièces sont réunies par des entre-toises E appelées *blochets*. Le cercle du côté de l'intérieur sert à recevoir de petits potelets pour fortifier le pied des chevrons; ces potelets sont appelées *jambettes*. Les chevrons sont encore soutenus dans leur portée par de faux entraits FG, assemblés dans le poinçon.

L'intervalle entre les principaux chevrons est rempli par d'autres, dont le nombre diminue en raison de la circonférence qui va en rétrécissant du bas en haut.

Vers la pointe, le bout du poinçon suffit pour former le sommet du cône continué jusqu'à une certaine distance par les principaux chevrons qui se joignent.

Pour répartir aussi également que possible les chevrons autour d'une surface conique, on partage le comble sur sa hauteur en un ou plusieurs rangs de liernes ou entretoises circulaires fixées entre les principaux chevrons, et destinées à intervertir l'ordre des divisions, en raison de l'évasement du cône, comme on le voit en F et en H, Fig. 2. L'usage et la solidité veulent que l'espacement des chevrons, mesuré par le pied, n'ait pas plus de 15 à 18 pouces, de milieu en milieu, tant au-dessus de chaque lierne que sur la plate-forme où se termine le comble.

Les liernes qui réunissent les chevrons peuvent être considérées comme des parties de cône évidé, dont les surfaces dépendent de quatre cônes différens.

1°. La surface *eb* du dessus, Figure 3, fait partie de celle d'un cône dont le sommet *a* est déterminé par le côté *eb* prolongé jusqu'à l'axe.

2°. La surface de dessous *ef* fait partie de celle d'un cône dont le sommet est déterminé par *ef* prolongé en *g*.

3. La surface extérieure *cf* fait partie du grand cône dont le sommet est en B.

4°. La surface intérieure *be* fait partie d'un cône dont le sommet est en *h*.

Pour former cette lierne régulièrement, comme si elle devait être apparente sur toutes ses faces, il faudrait la prendre dans une pièce de bois dont la longueur et la largeur seraient exprimées en plan par le rectangle 1, 2, 3 et 4, Figure 4, et son épaisseur par la distance comprise entre les lignes horizontales 5, 6, 7 et 8 du profil, Figure 3.

Le dessus et le dessous de cette pièce étant bien dressés, on la posera de niveau sur l'épure, et on tirera sur le milieu de sa longueur une perpendiculaire qui passe par le centre *p*, élevé à la même hauteur que le dessus de la pièce, en sorte qu'on ait *pf* égal à *f*, 12 du profil.

De ce point *p*, comme centre, on décrira un arc de cercle avec un rayon égal à c9 du profil, qui exprimera l'arête supérieure de la surface conique extérieure marquée *c* dans le profil.

Du même centre *p* et avec des rayons égaux à 5, 9 et 6, 9, on décrira deux autres arcs concentriques pour exprimer les arêtes supérieures des surfaces cylindriques préparatoires, qui doivent servir à trouver l'arête supérieure de la surface conique de l'intérieur marquée *b* dans le profil, et l'arête inférieure de la surface conique de l'extérieur marquée *f*. Pour avoir l'arête inférieure de la surface conique du dedans, marquée *e*, on retournera la pièce, et on opérera de la même manière que pour la surface de dessus, c'est-à-dire qu'après avoir prolongé la perpendiculaire tirée du milieu de la longueur, on décrira du centre *p* un arc avec un rayon égal à 11, *e*, qui exprimera l'arête inférieure de la surface conique indiquée dans le profil par *be*. Ayant ensuite tiré du centre *p*, des lignes droites *gh* qui déterminent la longueur de la pièce en y comprenant les tenons, on formera les surfaces cylindriques préparatoires qui doivent être d'aplomb; sur ces surfaces on tracera des parallèles aux arêtes 5 et 6, qui les terminent par le haut à des distances indiquées par 5*f* et 6*b* du profil. Ces lignes ou arcs étant tracées, on aura toutes les autres courbes qui doivent terminer les quatre surfaces de la lierne.

Pour former ces surfaces avec plus de régularité, il faudra diviser les arêtes indiquées dans le profil par les lettres *c*, *f*, *e*, *b*, chacune en un même nombre de parties égales, et abattre les masses triangulaires

5, *c*, *f*; *f*, 7, *e*; *e*, 8, *b* et *b*, *c*, 6, en allant en ligne droite des points de l'arête *c* à ceux de l'arête *f*, et de ces derniers à ceux de l'arête *b* et de *b* en *c*.

Les surfaces de cette lierne étant développées, on tracera les tenons des bouts *k* et l'entaille du milieu *i*, qui doit recevoir le haut du chevron intermédiaire, comme on le voit par la Figure 4, ce qui ne présente pas de difficulté.

Il faut remarquer qu'il n'est presque jamais nécessaire de faire d'autres surfaces coniques, que celles de l'extérieur et de l'intérieur. Ainsi, la lierne précédente peut être formée de la manière suivante : il suffira de prendre une pièce plus large que haute qui sera placée horizontalement, comme l'indique le profil, Figure 5; on tracera par le procédé de l'exemple précédent, sur les faces horizontales de dessus et de dessous, les courbes que doivent former les arêtes indiquées dans le profil par les lettres c, *f*, e, *b*, qu'on divisera chacune en parties égales, afin de poser la règle pour abattre les triangles *mcf* et *ben*, comme il a été ci-devant expliqué.

Les assemblages des chevrons, des faux entraits, des jambettes et des plates-formes, n'exigent pas d'explication particulière; il suffit de les avoir indiqués dans les Figures 1 et 2.

Plusieurs auteurs, et Mathurin Jousse, entre autres, indiquent dans leurs épures autant de faux entraits que de chevrons; mais cette répétition est inutile; et dans le cas même où ils formeraient plancher, il suffirait de ne les mettre que de deux chevrons en deux chevrons, comme ils sont indiqués à la Figure 6.

Tout ce que nous venons de dire pour un comble formant un cône entier, peut s'appliquer à une partie de comble formant un demi-cône, tel que le toit du chevet d'une église, en se raccordant avec celui des nefs, comme l'indique, en plan, la Figure 7, et en général à une partie de cône quelconque régulier ou irrégulier, droit ou oblique.

Lorsque la base ou la coupe horizontale du cône à former donne une autre courbe que le cercle, le moyen le plus simple et le plus expéditif est d'en lever le calibre sur l'épure, pour la tracer sur la pièce de bois. Les courbes représentant les arêtes des surfaces coniques, étant divisées en parties égales ou proportionnelles, donneront les points pour appliquer la règle et former les surfaces, en abattant les

parties triangulaires, comme nous l'avons expliqué pour les liernes des cônes droits.

Comble conique coupé par un mur d'aplomb.

La surface d'un toit conique qui rencontre un mur d'aplomb, forme sur ce mur une courbe connue sous le nom d'hyperbole, dont il a été question au Livre IIIe., page 67, où l'on donne la manière de la décrire; mais elle peut être tracée aussi exactement par la méthode ordinaire de projection en usage pour la coupe des pierres et des bois.

La Figure 9 indique le profil perpendiculaire au mur qui coupe le toit conique. La partie retranchée GCS est divisée en sept parties égales aux points 1, 2, 3, 4, 5 et 6, par lesquels on suppose qu'il passe des cercles parallèles à la base, dont tous les centres se trouvent sur l'axe BH, et qui forment en plan, Figure 10, des arcs concentriques coupés par la ligne QR, qui représente la projection de la surface du mur élevé perpendiculairement sur ce plan. Pour rendre l'opération plus distincte, on a mené du point C' de la base en plan, une parallèle indéfinie à QR, dont une partie CN, Figure 9, représente le profil de la face du mur, et l'autre Q' R', la base de cette face relevée de C' en N', Figure 11.

De tous les points 1, 2, 3, 4, etc., où les arcs concentriques rencontrent la ligne QR, et du milieu de cette ligne on a élevé des perpendiculaires indéfinies sur lesquelles on a renvoyé, par des parallèles et des arcs de cercle, les hauteurs correspondantes de la ligne de profil CN égale à SG, Figure 9. Par les points de rencontre Q', 6'', 5'', 4'', 3'', 2'', 1'', N', 1''', 2''', 3''', 4''', 5''', 6''', R', on a tracé la courbe hyperbolique formée par la rencontre du mur et la surface du toit conique. Tous les renvois sont marqués des mêmes chiffres, afin qu'on puisse mieux suivre les opérations.

Si les chevrons du comble ne doivent pas être scellés dans le mur qui forme la coupure, on établira une espèce de ferme placée contre, et représentée par la Figure 11, dont le contour est formé par deux hyperboles égales et parallèles qui comprennent son épaisseur. Cette ferme peut être considérée comme un noulet posé le long du mur, pour recevoir une gouttière en plomb.

Comble conique coupé par un plan oblique.

Lorsqu'un comble conique rencontre la face inclinée d'un autre comble, la courbe qui en résulte peut être une ellipse, une parabole ou une hyperbole. Ce sera une ellipse si la pente du comble conique ABC, Figure 12, est plus grande que celle du comble droit DF; ce sera une parabole si la pente EG du comble droit est égale à celle du comble conique; enfin, si la pente du comble droit HI est plus raide que celle du comble conique, la courbe formée par leur rencontre sera une hyperbole. D'ailleurs, de quelque nature que soit la courbe produite par la section du cône par un plan, la manière de la tracer est toujours la même.

La Figure 13, même Planche, représente le profil d'un comble conique coupé par une surface inclinée, indiquée par la ligne NS.

Pour avoir la courbe qui résulte de cette section, on a divisé la partie ANS retranchée du cône, par des parallèles à sa base exprimées en plan par des arcs de cercle, Figure 14. Les extrémités de ces arcs sont déterminées par des perpendiculaires abaissées des points N, 6, 7, 8, 9, 10 et S. Par ces points, on a tracé une courbe qui est la projection en raccourci de celle formée par la rencontre des surfaces des deux parties de comble.

Pour avoir cette courbe dans toute son étendue, on a tiré des points S', 10', 9', 8', 7', 6', N', 6'', 7'', 8'', 9'', 10'', S'', des perpendiculaires indéfinies à la corde ou base S', S'', sur lesquelles on a reporté par des arcs de cercle et des parallèles, les hauteurs correspondantes S, 10, 9, 8, 7, 6, N du profil, Figure 13, qui ont donné les points S''', 10''', 9''', 8''', 7''', 6''', N''', 6^{iv} 7^{iv} 8^{iv} 9^{iv} 10^{iv} S^{iv}, par lesquels on a fait passer une courbe qui est celle formée par le cône sur la surface en pente qu'il rencontre, et qui indiquerait l'arête inférieure d'un noulet, si les pièces qui composent cette ferme faisaient partie du comble conique; mais, si elles doivent faire partie du comble droit, elles peuvent être simplement formées de pièces droites qui aient assez de largeur pour pouvoir y tracer la courbe dont on vient de parler, et recevoir le pied des chevrons, ainsi qu'on le voit indiqué par la Figure 15.

Lorsque le noulet doit être placé sur la pente du comble droit, et faire partie du comble conique, il faut, pour avoir la courbe qui doit

former l'arête supérieure, tirer sur le profil, Figure 13, une paralèlle à NS qui indique son épaisseur, et d'après cette ligne nO coupée par les mêmes divisions que NS, on abaissera d'autres parallèles à l'axe BO prolongées sur la Fig. 14, pour déterminer, comme pour la ligne NS, les extrémités des arcs concentriques qui donneront, en faisant passer une courbe par tous ces points, la projection en raccourci de l'arête supérieure.

Pour avoir son développement, on tirera des points S^v, 10^v, 9^v, 8^v, 7^v, 6^v, n', $6^{v'}$, $7^{v'}$, $8^{v'}$, $9^{v'}$, $10^{v'}$, $S^{v'}$, des parallèles indéfinies à N', N'', Fig. 14 et 15, sur lesquelles on portera, à partir de la ligne $S^{v'}$, S^v, les hauteurs correspondantes o, 10, 9, 8, 7, 6 et n, prises sur la ligne nO, Fig. 13, ou bien on les renverra par des arcs et des parallèles comme il est indiqué.

Pour tailler la surface conique de ce noulet, il faut tracer ces deux courbes sur les pièces de bois qui le composent, en se servant, pour plus de facilité, de calibres relevés sur l'épure ; on abattra ensuite le bois d'une courbe à l'autre en se dirigeant à un point B, qui indique le sommet du cône. Pour cela, on placera le noulet sur l'épure de manière que l'axe réponde à la ligne OB, comme on le voit indiqué par la Figure 13, en supposant la ligne OB horizontale.

On peut encore marquer sur chaque courbe les points où correspondent les lignes droites tendantes au sommet du cône. Pour les trouver, on tirera de tous les points qui ont servi à tracer sur l'épure la courbe inférieure indiquée par la droite NS, Figure 13, et dans la Figure 14, par la courbe $S' N' S''$, des lignes au sommet du cône B, Figure 13, ou au centre D, Figure 14, qui y répond. Ces lignes marqueront sur l'autre courbe désignée sur la Figure 13 par nO, et sur la Figure 14 par $S^v n' S^{v'}$, les points correspondans des lignes tendantes au sommet du cône, qu'on transportera sur les courbes tracées sur les pièces de bois, afin d'abattre le bois à la règle d'un point à l'autre.

Comble conique, pénétré par un comble droit à deux pentes.

La rencontre de ces deux espèces de combles produit deux arêtes rentrantes, qui forment un angle curviligne, Fig. A, Planche LXXIX.

La courbe de ces arêtes sera, comme nous l'avons expliqué pour l'exemple précédent, une parabole, si les pentes des deux combles sont

égales ; elle sera une ellipse, si l'inclinaison du comble conique est plus grande ; et une hyperbole, si elle est plus petite, comme on le voit par les Figures B, C, D.

Un comble à deux pentes peut rencontrer un comble conique dans une infinité de directions différentes ; mais celle qui convient le mieux pour la solidité, la régularité et le bon effet, est lorsque l'arête du faîtage du comble à deux pentes se dirige à l'axe du comble conique.

Les Figures 1, 2 et 3 présentent cette disposition en élévation, en profil et en plan.

Pour avoir les points des courbes, on a divisé ces trois projections en parties horizontales d'égale épaisseur, par des lignes formant des tranches parallèles sur le comble droit, et des arcs concentriques sur le comble conique, indiquées par les mêmes chiffres sur les différentes Figures.

Dans la projection en plan, Figure 3, ce sont les intersections des parallèles du comble à deux pentes avec les arcs concentriques du comble conique, qui déterminent les points *h*, *i*, *k*, *l*, *m*, *n* de la courbe D *k* E, formée par la rencontre des surfaces des deux combles.

Pour exprimer cette arête dans le profil, Figure 2, on a élevé de tous les points de sa projection D, *h*, *i*, *k*, *l*, *m*, *n*, Figure 3, des perpendiculaires jusqu'à la rencontre des divisions correspondantes, prises sur la Figure 1, indiquées par des parallèles dans la Figure 2 ; ce qui a donné la courbe E', n', m', l', h', i', k', D'.

La largeur des pièces ou noulets qui forment le raccordement de ces toits, faisant partie du comble à deux pentes, il n'y a que les surfaces qui doivent se raccorder avec le comble conique, qui aient besoin d'être courbes, et les arêtes qui les renferment. Les autres arêtes étant droites, il suffit des points de leurs extrémités pour tracer leur projection ou leur développement.

Pour la largeur du dessus, on a commencé par fixer les deux points *e* et *d* sur le profil, Figure 2, par lesquels on a tiré la ligne droite *e d*.

Pour indiquer cette largeur dans la projection en plan, Figure 3, on a abaissé des points *e* et *d*, Figure 2, des perpendiculaires qui ont déterminé sur la Figure 3 les points correspondans e', d', par lesquels on a tiré une ligne droite qui forme, avec la courbe D*k*E, le dessus d'une des branches de noulet.

Cette branche ayant une double inclinaison, la face droite qui ex-

prime son épaisseur du côté de la ligne e', d', doit paraître sur la projection en plan, Figure 3.

Pour trouver la ligne b' o qui la termine, on a pris sur l'élévation, Figure 1, qui donne la projection verticale du noulet vu de face, son épaisseur A b coupée obliquement, qu'on a portée de d' en b' sur la ligne de d' p, Figure 3, représentant la base A p de la Figure 1; par le point b', on a mené la parallèle b' o à d' e' pour exprimer l'épaisseur du noulet renfermé entre ces parallèles.

Sur cette épaisseur on a mené des points 1', 2', 3', 4', 5', et 6', des parallèles à la base d' p qui indiquent, avec celles de dessus, la division de cette branche de noulet en tranches horizontales correspondantes à celles indiquées sur les Figures 1 et 2.

Pour marquer ces divisions sur la face de dessous du noulet, on a tiré des points 7, 8, 9, 10 et 11 de l'arête inférieure de la face d'épaisseur, des parallèles aux divisions de dessus jusqu'aux points de rencontre des arcs de cercles concentriques, prolongés aux points b'', 14, 15, 16, 17, 18 et e', par lesquels on a fait passer une courbe représentant l'arête inférieure du noulet qui doit se raccorder avec le comble conique.

Ces lignes, qui forment des quadrilatères mixtilignes, indiquent la forme d'épaisseur de chaque division.

Considérant ensuite que, dans les Figures 1, 2 et 3, la longueur de la branche de noulet est représentée en raccourci, on a voulu donner, dans la Figure 5, le noulet dans toute son étendue; pour cela, on a supposé que la branche de fermette, Figure 4, qui représente une projection verticale des noulets, a tourné autour du point C, en sorte que A C est devenu parallèle à la ligne de base p' A, et comme dans ce mouvement toutes les parties et les divisions de cette branche conservent leur forme et leur position respective, on s'en est servi, comme d'un profil, pour avoir son développement, en menant des perpendiculaires à A'' C' par tous les angles et points de division.

Considérant, de plus, que la projection verticale exprimée par la Figure 1, ne représente qu'un raccourci de la face inclinée des noulets, nous l'avons regardée comme un plan vertical indiqué dans le profil, Figure 2, par la ligne c d, et dans le plan par d' p.

D'après les lignes qui représentent ce plan, on a mesuré sur chaque division les distances des angles et des points de la courbe qui se rac-

corde avec le comble conique. Pour cette opération, on a commencé par mener à A'' C', Figure 4, une parallèle $d''p''$ pour représenter la projection du plan vertical; ayant ensuite pris sur les Figures 2 ou 3, la distance de l'angle e, formé par les arêtes droites du dessus du noulet, on l'a portée de p'' en e'', et on a tiré la ligne d'' e'', qui indique cette arête dans toute son étendue.

Pour l'arête courbe, on a pris sur les mêmes Fig. 2 ou 3 des largeurs e E', 6 n', 5 m', 4 l', 3 k', 2 i, d D' qu'on a portées sur les divisions correspondantes, Fig. 5, et l'on a tracé la courbe D''' h, i, k, l, m, n, E''', qui exprime dans toute son étendue l'arête de dessus de la branche de noulet, qui doit se raccorder avec la surface du comble conique.

Pour représenter la projection de la face droite qui forme l'épaisseur de ces noulets, laquelle est indiquée dans la Figure 3 par les lignes b' o' d' e', avec les divisions correspondantes à la face de dessus, on a considéré que cette branche de noulet, en s'étendant pour se placer sur un plan horizontal, a un double mouvement, qui fait que l'arête droite e' d' tourne en arrière pour prendre la position e' s; d'où il résulte que les parallèles tracées sur la face d'épaisseur éprouvent un changement de direction indiqué par l'angle d' e' s. Pour l'exprimer sur la Figure 5, on a tiré une ligne $d''q$, qui fait avec dp'' un angle égal à d' e' s de la Figure 3; cette ligne exprime la direction que prend la base; ensuite, du point b'', où la perpendiculaire tirée du point b de la Figure 4 rencontre cette ligne, on a tiré une parallèle à d'' e'', pour indiquer la projection de la face d'épaisseur; enfin, de tous les points de division 1, 2, 3, 4, 5 et 6 de l'arête d'' e'', on a mené des parallèles à d'' q pour les exprimer sur cette face.

Pour la face de dessous, on a tiré des points 7, 8, 9, 10, 11 et o, des parallèles aux lignes de division du dessus, sur lesquelles on a porté les largeurs correspondantes o', e'; 11, 18; 10, 17; 9, 16; 8, 15; 7, 14; et b', b'', prises sur la Figure 3.

Pour indiquer les divisions sur la projection de la face courbe qui doit joindre le comble conique, on a réuni les points e'', n; 18. m; 17, l; 16, k; 15, i; 11, h et b'', D'', par des lignes sensiblement courbes qui doivent être des parties d'ellipse.

La réunion des lignes de division tracées sur chaque face, donne, comme dans la Figure 3, des quadrilatères mixtilignes qui indiquent la forme de grosseur à chaque division.

Nous avons dit précédemment, page 22, à l'occasion des noulets, que la méthode la plus simple et la plus facile pour les exécuter, était de former un prisme, qu'il ne s'agit plus que de couper de longueur selon le profil des coupes, en raison de leur assemblage. Il ne faut pour cela que la forme de grosseur, coupée perpendiculairement à la longueur de chaque branche. Mais comme la largeur de celle-ci varie à chaque division, on préparera une pièce de bois à laquelle on donnera une épaisseur égale à celle comprise entre les parallèles CA et *ob*, Fig. 4, et une longueur égale à E''' *r*; il faut que sa largeur d'un bout puisse porter celle indiquée par *qr*, et de l'autre, celle indiquée par *p* E''', Figure 5. Ensuite, après avoir dressé un côté d'équerre aux faces, on tracera sur celle de dessus, à une distance de l'arête égale à *qd*'', une parallèle pour indiquer le démaigrissement que doit éprouver cette pièce, en abattant la partie de bois triangulaire *bqd*, Figure 6, comprise entre cette ligne et l'arête de dessous *b*. Pour tracer les arêtes courbes des faces de dessus et de dessous, on tirera des parallèles, *comme pour la Figure* 5, sur chacune desquelles on portera les largeurs correspondantes à partir des arêtes droites *b*''', *o*''', et *d*''', *e*''', et par tous ces points on tracera les courbes que doivent former ces arêtes, avec une règle pliante. On peut aussi relever un calibre sur l'épure, pour les tracer d'une manière plus juste et plus commode.

L'opération la plus difficile est de former la surface conique comprise entre les deux courbes. Comme les surfaces des cônes peuvent être également produites par des circonférences concentriques, qui vont en diminuant en progression arithmétique depuis la base jusqu'au sommet, ou par des lignes droites allant du sommet à la circonférence de leur base, il en résulte qu'il y a deux manières d'opérer.

D'après la première hypothèse, on tracera sur la surface préparatoire indiquée par les lignes droites formant les cordes des courbes D''', E''' et 13, *e*''', des parallèles en raccordement avec celles tracées dessus et dessous; ensuite on creusera, d'après les circonférences concentriques tracées en plan, autant de cercles différens qu'il y a de divisions, pour former la courbure qui répond à chacune, et on abattra le reste en raccordement : mais cette manière est très-longue et difficile pour la pratique.

L'autre hypothèse fournit un moyen beaucoup plus simple : en se servant des divisions du dessus, on tirera sur la projection en plan.

Figure 3, par le centre C et les points de division D, h, i, k, l, m n et E, des lignes droites jusqu'à la rencontre de la courbe de dessous, et on reportera ces points sur la courbe correspondante du noulet développé pour y tracer ces lignes, sur lesquelles on posera la règle pour abattre le bois d'une courbe à l'autre, et former la surface plus exactement que par l'autre moyen.

Ouvertures rectangulaires pratiquées dans les combles coniques, pour des lucarnes ou des tuyaux de cheminées.

Si dans un comble conique on pratique une ouverture rectangulaire, telle que ABCD, Figures 1 et 2, Planche LXXX, les côtés AB, et AD qui ne tendent pas au sommet du cône, doivent former des arêtes courbes à la rencontre de la surface conique ; et comme il s'agit toujours d'un cône droit dans les toits de ce genre, les courbes de ces arêtes sont des portions d'hyperbole. La manière de les tracer est indiquée par les Fig. 1, 2 et 3 : c'est la même qui a été ci-devant expliquée à l'occasion des toits coniques coupés par un mur d'aplomb, page 35.

Dans les Figures 1 et 2, le milieu de l'ouverture rectangulaire se dirige à l'axe du cône, les montans AB, CD sont formés par deux empanons qui s'assemblent dans les chevrons E, F, et dans la plate-forme G.

La traverse du haut BC s'assemble dans les chevrons, et celle du bas AD dans les montans BA, CD.

Ces traverses courbes pouvant être considérées comme les liernes des combles coniques ordinaires, se traceront par les procédés ci-devant expliqués, page 32.

Quant aux montans dont les arêtes doivent être des parties d'hyperbole, on a supposé, comme pour les exemples précédens, des divisions horizontales indiquées par les nombres 1, 2, 3, 4—13, dans les projections verticales, Figure 1, et horizontales, Figure 2, au moyen desquelles on a tracé le profil, Figure 3, qui exprime ces hyperboles et les faces des montans.

Dans les Figures 4 et 5, un des montans de l'ouverture est formé par un chevron, et l'autre par un empanon qui lui est parallèle. La traverse du haut s'assemble, comme dans l'exemple précédent, dans deux chevrons; et celle du bas, d'un côté dans un chevron, et de l'autre, dans l'empanon qui forme l'autre montant. Cette disposition ne présente pas plus de difficulté que pour l'exemple précédent.

Le montant formant empanon a aussi, comme ceux de l'exemple cité, des arêtes courbes qui sont des portions d'hyperbole, dont on a trouvé les points par le même procédé, indiqué par les numéros 7, 8, 9, 10, 11, 12 et 13, répétés dans le plan, Figure 5; l'élévation, Figure 4, et les développemens, Figure 6, avec les lignes d'opération.

On a représenté dans les Figures 7 et 8, une ouverture disposée irrégulièrement, de manière que les arêtes des montans sont des parties d'hyperbole, et les traverses, des parties d'ellipse de différentes courbures. Les points pour former ces arêtes se trouvent en cherchant la position de chacun dans l'élévation, le plan et le profil, ou développement, par le moyen des parallèles, des verticales et des horizontales, tirées de l'élévation sur le plan, et de celui-ci sur le profil, ainsi qu'on le voit indiqué Figures 7, 8 et 9, par les mêmes numéros.

Ouvertures rondes percées dans les combles coniques.

Quelle que soit la courbure de ces ouvertures, on peut imaginer qu'elles sont formées par des solides qui pénètrent le cône selon une direction donnée.

Si les côtés du solide qui forment cette ouverture sont parallèles à son axe, ce sera un cylindre; mais s'ils vont en s'écartant en dedans ou en dehors, le solide sera un cône.

Les cylindres et les cônes qui se pénètrent perpendiculairement ou obliquement, forment à leur rencontre des courbes à double courbure, qui ne peuvent se décrire que sur les surfaces de l'un de ces solides. M. Frézier distingue ces courbes par une terminaison qu'il tire du mot latin *imbrex*, qui signifie une tuile creuse; ainsi il appelle *cycloïmbre*[1] l'espèce de cercle courbé formé sur la surface d'un cylindre par un autre plus petit qui le pénètre, de manière que leurs axes se croisent perpendiculairement.

Lorsque les axes de ces cylindres se rencontrent obliquement, il en résulte une ellipse aussi courbée, qu'il désigne sous le nom d'*ellipsimbre*. Il appelle *ellipsoïdimbre*, l'espèce d'ellipse courbée, formée par la pénétration d'un cône dans un cylindre ou de deux cônes, soit que leurs

[1] Abréviation de l'expression latine, *circulus imbricatus*, cercle en façon de tuile creuse. Cette terminaison, qui évite les périphrases et les termes équivoques, nous a paru mériter la préférence sur les dénominations employées avant lui par divers auteurs. Nous l'avons adoptée dans notre Stéréotomie.

axes se rencontrent perpendiculairement ou obliquement, parce que cette courbe diffère de l'ellipsimbre, qui résulte de la rencontre oblique de deux cylindres dont les surfaces sont formées de lignes parallèles à l'axe; tandis que celle des cônes est formée par des lignes qui tendent toutes à un même point, ce qui diminue ou augmente les largeurs ou ordonnées de l'ellipse courbe, qu'il désigne par le mot d'*ellipsoïdimbre.*

Si l'on trace avec un compas un cercle sur la surface d'un cône ou d'un cylindre, la courbe ne sera ni un cercle ni un cycloïmbre, car le diamètre qui se trouve dans le sens où la surface de ces solides est droite, sera plus grand que celui qui lui serait perpendiculaire; parce que ce dernier étant dans le sens de la courbure, sera composé de deux rayons qui sont les cordes de la moitié de l'arc répondant à ce diamètre, et formant une ligne brisée; tandis que l'autre diamètre est composé de deux rayons qui forment une ligne droite. Cette courbe pourrait être désignée sous le nom de *cycloïdimbre.*

Le procédé pour tracer chacune de ces courbes sur la surface des cônes ou des cylindres pénétrés, ainsi que leur développement et leur projection sur les plans verticaux ou horizontaux, est le même.

Lorsque le cylindre ou le cône qui forme le vide d'une ouverture dans un comble conique, Planches LXXXI et LXXXII, rencontre perpendiculairement l'axe de ce comble, la forme primitive doit se tracer sur un plan vertical, perpendiculaire à la direction du cône ou du cylindre qui forme le vide de l'ouverture, Figures 1 et 5; mais si cet axe est parallèle à celui du comble conique, la forme primitive sera exprimée sur le plan ou projection horizontale, Figure 9. Cette forme étant représentée sur l'une de ces projections, ainsi que la position des pièces de bois qui doivent la former, on la tracera sur l'autre, au moyen des verticales élevées ou abaissées des points de la figure primitive, et des horizontales tirées des points correspondans du profil, renvoyées sur cette projection par des arcs de cercle qui donneront, par leurs intersections, les points nécessaires pour tracer la forme secondaire de l'ouverture, Figures 2, 6 et 10.

Pour les développemens, on prendra les longueurs, ou distances de la base, sur le profil, et les largeurs sur le plan, qu'on indiquera (*les premières*) par des lignes droites tirées au sommet du développement du cône, et (*les secondes*) par des arcs de cercle concentriques, dont

les intersections donneront les points nécessaires pour tracer sur ce développement l'ouverture et les pièces dont elles se composent, Figures 3, 7 et 11.

Dans les Figures A, 1, 2, 3 et 4, Planche LXXXI, on a supposé que l'axe du cylindre, ou du cône horizontal, Planche LXXXII, qui forme l'ouverture, rencontre perpendiculairement celui du comble conique.

Dans les Figures B, 5, 6, 7 et 8, Planche LXXXI, le cylindre, ou le cône, Planche LXXXII, formant l'ouverture, est de même horizontal, mais son axe ne rencontre pas celui du comble conique.

Les Figures C, 9, 10, 11 et 12 représentent une ouverture formée par un cylindre, Planche LXXXI, ou un cône vertical, Planche LXXXII, dans le comble conique.

Les Figures 4, 8 et 12 indiquent le profil de l'ouverture, coupé par un plan vertical, désigné dans chaque Figure par les lignes 1 et 8; il faut remarquer que pour les Figures 5, 6, 7 et 8, le plan vertical de la coupe ne passe pas par l'axe du comble conique.

On a indiqué dans toutes les Figures de ces deux Planches, les points correspondans par les mêmes chiffres et les mêmes lettres, afin qu'on puisse suivre les opérations, en partant des Figures primitives 1, 5 et 9.

L'exécution des pièces qui forment les trois espèces d'ouvertures exprimées dans ces Planches, peut se faire d'après les développemens, Figures 3, 7 et 11.

Les traverses ou entre-toises BC, DE, se traceront par les procédés indiqués ci-devant pour les liernes, page 32.

Les moutans ainsi que les traverses, sont formés par du bois un peu plus fort que les chevrons ordinaires, afin d'y ménager un bossage pour servir de butée aux liens ou écoinçons qui remplissent les angles et forment la courbure de l'ouverture.

Le meilleur moyen, le plus facile et le moins dispendieux pour former ces pièces qui sont cintrées en plan et en élévation, est d'ajuster en dessus et en dessous des courbes en planches chantournées selon les cercles du haut et du bas, passant par leurs extrémités. Après avoir formé les surfaces coniques, intérieures et extérieures, on tracera en dedans et en dehors, d'après le développement, les parties de courbes qui doivent former l'ouverture; on abattra ensuite le bois d'une courbe à l'autre, pour former la surface d'épaisseur, et on finira par faire les assemblages à tenons et mortaises, ainsi qu'on le voit indiqué

par les Figures 13, 14 et 15, qui représentent une de ces courbes pour chaque exemple exprimé dans ces deux Planches.

Les opérations indiquées dans ces deux Planches ne diffèrent qu'en ce que, dans la Planche LXXXI, les ouvertures étant produites par des cylindres, les surfaces courbes qui forment l'épaisseur de ces ouvertures sont indiquées par des lignes droites parallèles à l'axe des cylindres; tandis que dans la Planche LXXXII, les ouvertures étant formées par des cônes, ces surfaces d'épaisseur sont indiquées par des lignes qui tendent au sommet du cône. D'ailleurs, comme les opérations se font par le même procédé, on n'a donné qu'une explication pour les Figures de ces deux Planches, qui convient également à l'une et à l'autre.

DES COMBLES DONT LES SURFACES SONT COURBES SUR LA HAUTEUR ET DROITES SELON LEUR LONGUEUR.

Ces combles présentent à l'extérieur l'apparence des voûtes en berceau extradossées. La courbure ou cintre qui forme leurs surfaces extérieures, peut être circulaire, elliptique, ou formée d'une courbe quelconque; enfin, il s'en trouve dont la courbe est à double inflexion, appelés combles en impériale. Les Figures 1, 2, 3, 4 et 5 de la Planche LXXXIII, indiquent le profil de ces différens combles. Il est facile de reconnaître qu'ils doivent se composer de fermes semblables à celles des combles ordinaires, et que les chevrons seuls sont découpés selon la courbure du cintre.

Lorsque les combles n'ont pas beaucoup de largeur, et qu'on donne une plus forte épaisseur aux chevrons formant courbes, on peut se passer des arbalétriers et des jambes de force, en ne conservant qu'un faux entrait à l'endroit où les courbes du haut et du bas se réunissent, Figure 6.

Dans les combles formés en arc gothique, comme dans cette figure, cette suite d'entraits pourrait former un plancher qui donnerait en dessous un étage en mansarde, et en dessus un grenier sans poinçons.

Il faut remarquer que la courbure des chevrons leur donne plus de raideur, en sorte qu'ils peuvent avoir une plus grande portée, sans avoir besoin d'être soutenus par des pannes; mais si on veut ne leur

donner que peu de longueur, au lieu de pannes on peut assembler les chevrons dans des liernes de même épaisseur, ainsi qu'on le voit indiqué par la Figure 7.

Quant aux courbes des arêtiers, des noues et noulets, formées par la rencontre des surfaces de ces combles, il ne s'agit que de chercher leur rallongement d'après le cintre primitif, en divisant les parties de base correspondantes en un même nombre de parties égales, et portant sur les perpendiculaires élevées des points de division, les ordonnées de la courbe primitive, ainsi qu'on le voit par les Figures 8 et 9. Mais comme les pièces de bois qui doivent former ces courbes ne contiennent souvent qu'une très-petite partie de la surface de rencontre, on prend pour base la ligne CI, qui passe par les deux extrémités de la pièce que l'on veut tracer, ainsi qu'on le voit par la Figure 10.

Après avoir tracé sur cette pièce des parallèles correspondantes aux ordonnées de la courbe d'élévation tracée sur l'épure, on portera sur ces parallèles les hauteurs des ordonnées à partir de la ligne IC, qui forme la base par rapport à la pièce de bois, et par les points qu'elles donneront, on tracera la courbe d'élévation.

Il serait inutile de revenir ici sur ce que nous avons dit, pages 16, 20 et suivantes, au sujet des opérations nécessaires pour indiquer le dégagement de l'arête saillante dans les arêtiers, et de l'arête rentrante dans les noues et noulets, vu que la différence de forme dans les combles n'apporte aucun changement dans la marche de ces opérations.

OBSERVATION.

Les surfaces des combles dont il vient d'être question peuvent être considérées comme composées d'une infinité de lignes droites parallèles selon leur longueur, qui réunissent les courbes formant leur largeur, ainsi qu'on le voit indiqué par les Figures 12 et 13.

Lorsque les murs qui doivent soutenir un comble de ce genre ne sont pas parallèles, les courbes qui forment leur profil sur la largeur, changent à chaque point, comme cette largeur : dans ce cas, les lignes droites, qui vont d'une courbe à l'autre, ne sont pas parallèles dans la projection en plan, Figure 14, quoiqu'elles soient toutes de niveau dans l'élévation sur la longueur, Figure 15.

Cette formation de superficie courbe, par des lignes droites qui passent par les points correspondans des courbes qui expriment leur profil sur la largeur, procure un moyen fort simple pour le tracé des courbes que doivent former les chevrons, empanons, arêtiers, noues et noulets, qui peuvent entrer dans la composition de ces espèces de combles; pour cela, après avoir divisé la base de la coupe ou profil qui forme la courbe primitive, en un nombre de parties égales, et élevé des verticales par tous les points jusqu'à la rencontre de cette courbe, il suffit de répéter les divisions dans le même ordre, sur la base des plans par où l'on veut obtenir un nouveau profil : élevant ensuite, comme précédemment, par tous ces points, des perpendiculaires indéfinies, on portera sur chacune d'elles les hauteurs des lignes correspondantes, prises sur la courbe primitive; et les points d'intersection seront autant de traces de la courbe que l'on veut connaître. Cette opération, qui n'avait besoin que d'être indiquée pour être conçue, est représentée par les Figures 16, 17 et 18.

DEUXIÈME SECTION.

PRINCIPES DE CONSTRUCTIONS PERMANENTES EN CHARPENTE.

CHAPITRE PREMIER.

DES PANS DE BOIS, CLOISONS ET PLANCHERS.

Les cloisons et pans de bois sont des espèces de grillages en charpente qui suppléent aux murs, soit pour former des bâtimens, soit pour les diviser à l'intérieur, dans les pays où l'abondance des bois peut les faire préférer à des matériaux plus durables, mais plus coûteux, à cause de leur rareté, tels que les pierre et les briques.

On emploie communément les pans de bois pour les façades des maisons sur les cours[1], pour de petites ailes de peu d'importance, et pour diverses dépendances d'un édifice.

Les cloisons de charpente sont fort en usage dans l'intérieur des bâtimens, et d'une grande commodité pour les distributions, attendu qu'elles ménagent la place.

Avant d'entrer dans aucun détail sur les constructions de ce genre, il est essentiel de commencer par faire observer que les pans de bois et cloisons n'ont presque pas de stabilité par eux-mêmes, à cause de leur peu d'épaisseur, en sorte qu'ils ne se soutiendraient pas s'ils étaient isolés, et qu'ils ont besoin d'être reliés avec les murs ou cloisons en retour et par les planchers, tandis qu'un mur peut se soutenir sans ce moyen. Quand on donnerait à un pan de bois l'épaisseur d'un mur, comme sa pesanteur spécifique n'est que la moitié de celle d'un mur en moellons, il aurait encore moitié moins de stabilité.

La manière de construire les cloisons et pans de bois, avec des pièces jointives posées horizontalement, ainsi qu'on le pratique en Russie et dans plusieurs autres pays du nord de l'Allemagne, représentée par les Figures 8 et 9 de la Planche LXXI, a l'avantage de procurer aux édifices construits en bois une plus grande stabilité, à cause des assem-

[1] C'est avec juste raison, ainsi qu'on en pourra juger par ce qui suit, que plusieurs ordonnances, rendues à différentes époques, en ont proscrit l'usage sur la voie publique.

blages à mi-bois qui réunissent les pièces d'un même rang à leurs extrémités; mais cette manière, qui exige plus du double de bois, ne peut convenir que pour les pays où il est très-abondant.

Les cloisons et pans de bois formés de poteaux posés debout, ont besoin d'être réunis par des pièces horizontales ou sablières, dans lesquelles les poteaux doivent être assemblés, et leur stabilité est en raison de ce que ces sablières sont plus ou moins éloignées les unes des autres.

La distribution la plus ordinaire des bois dans les murs et cloisons en charpente, est celle dite à claire-voie, comme l'indiquent les Figures 1, 2, 3 et 4 de la Planche LXXXIV. Les vides que les pièces laissent entre elles sont ensuite remplis de maçonnerie de petits moellons, de briques ou de plâtras. Lorsque ce remplissage est bien fait, il procure à l'ouvrage la fermeté d'un mur formé de poteaux jointifs.

Lorsque deux ou plusieurs pans de bois doivent se raccorder ensemble aux encoignures d'un bâtiment, il faut combiner la disposition des pièces dont ils se composent, de manière à obvier au *hiement* dont les constructions en charpente sont susceptibles.

Nous avons déjà dit que la stabilité d'un pan de bois, indépendamment de son épaisseur, était moindre que celle d'un mur; en sorte qu'un pan de bois élevé de trois étages ne se soutiendrait pas s'il était isolé, tandis qu'un mur en pierres ou en briques, de même élévation, aurait une certaine stabilité.

Le degré relatif de stabilité entre un mur et un pan de bois, est exprimé par leur poids multiplié par la moitié de leur épaisseur. Le poids moyen d'un pan de bois hourdé et ravalé en plâtre, comme on le pratique à Paris, est de 50 livres par pied superficiel, pour une épaisseur moyenne de 8 pouces, ce qui donne pour l'expression de sa stabilité ou résistance $50 \times 4 = 200$.

Un mur de face en moellons, ou en pierres de dureté moyenne, ou en briques, élevé de trois étages, devrait avoir, d'après ce qui est dit au Livre IXe., page 112, une épaisseur moyenne de 16 pouces, qui produirait, pour le poids moyen d'un pied superficiel, 180 livres, ce qui donne pour sa stabilité $180 \times 8 = 1440$, c'est-à-dire, plus de sept fois celle d'un pan de bois.

Quoiqu'un pan de bois de 8 pouces d'épaisseur, hourdé plein, et ravalé en plâtre, ait sept fois moins de stabilité qu'un mur en moellons

de 16 pouces d'épaisseur, on pourrait néanmoins, en le supposant isolé, lui procurer la même stabilité qu'un mur, en l'étayant à ses extrémités par des contre-fiches assemblées dans des bouts de sablières dont la longueur soit sept fois plus grande que l'épaisseur du pan de bois, c'est-à-dire, de 56 pouces.

Pour qu'un pan de bois hourdé et ravalé en plâtre eût autant de stabilité qu'un mur en moellons de 16 pouces d'épaisseur, il faudrait que son épaisseur fût de 21 pouces $\frac{1}{3}$. Mais, sans augmenter son épaisseur, on peut lui procurer une stabilité suffisante en le reliant avec les murs mitoyens et avec les planchers par le moyen de tirans ou de harpons de fer.

Il suit, de ce qui vient d'être dit, que les pans de bois sont moins solides et moins durables que les murs; il est bon d'ajouter qu'ils sont en outre plus dispendieux. D'après les prix actuels de Paris, on trouve qu'une toise de mur en moellons, de 16 pouces d'épaisseur, ravalé des deux côtés et évalué *sans usage*, tout vide rabattu, revient maintenant (1828) à 40 francs, tandis qu'une toise de pan de bois de 8 pouces d'épaisseur, hourdé et ravalé en plâtre des deux côtés, revient à 50 francs.

Un mur en pierre de taille, de 16 pouces d'épaisseur, de celle appelée pierre franche, qu'on emploie le plus ordinairement pour les rez-de-chaussée des bâtimens à Paris, revient aujourd'hui à 150 francs. Mais comme on ne fait plus ni pans de bois, ni murs de face en moellons, qu'à partir du dessus du rez-de-chaussée, il en résulte qu'il y a solidité et économie à préférer un mur en moellons à un pan de bois, toutes les fois que l'espace ou le temps n'y apportent point d'obstacles.

ARTICLE PREMIER. — DES CLOISONS ET PANS DE BOIS.

Les cloisons et pans de bois sont généralement formés de poteaux posés debout, et espacés de manière que les vides sont égaux aux pleins[1]. Ces poteaux s'assemblent à tenons et mortaises, dans deux pièces de bois de niveau, appelées sablières, dont une placée par le haut et l'autre par le bas, indiquées par S, Planche LXXXIV, Figures 1, 2, 3 et 4. On place aux angles et aux extrémités des sablières des po-

[1] Il est d'usage de laisser entre les poteaux des cloisons et pans de bois, environ 10 pouces d'intervalle, et au lieu de rainer et tamponner leurs jouées comme autrefois, quand on les hourde, on les larde maintenant de rapointissage pour retenir la maçonnerie.

teaux plus forts, appelés poteaux corniers, marqués A dans les pièces détaillées, et *a* dans les élévations. Ceux qui forment les baies de croisées ou de portes, marquées B et *b*, sont appelés, poteaux d'huisserie, du vieux mot *huis*, qui signifie *porte*[1].

c est le linteau qui s'assemble dans les poteaux d'huisserie. L'ensemble des deux poteaux avec le linteau se nomme *huisserie*.

Les autres poteaux indiqués par les lettres *d*, sont appelés poteaux de *remplage*, c'est-à-dire, de remplissage. Leur grosseur est ordinairement moindre que celle des poteaux d'huisserie et des poteaux corniers.

Pour obvier aux inconvéniens qui résultent du relâchement des assemblages, causé par le desséchement des bois, on place dans les cloisons et pans de bois des pièces de bois inclinées en sens contraires Ces pièces F*f* sont appelées *guettes*, lorsqu'elles ne sont inclinées que de deux ou trois fois leur épaisseur, et *décharges*, lorsque leur inclinaison est plus grande. On remplit les vides que laissent les guettes et les décharges, avec des poteaux taillés obliquement d'un bout, qu'on appelle *tournices*, désignés par les lettres H et *h*, Figures 1, 2, 3 et 4. Ces tournices sont assemblées dans les guettes ou décharges, et les sablières. Quelquefois, pour fortifier les trumeaux d'encoignures, au lieu de décharges ou de guettes, on forme des croix de Saint-André, désignées par les lettres *i*, Figure 4. Les pièces qui les forment sont entaillées à mi-bois dans l'endroit où elles se croisent, et assemblées à tenons dans les sablières.

On garnit le dessus des linteaux et le dessous des appuis de croisées par de petits poteaux de remplissage, qu'on nomme *potelets*, indiqués par les lettres N et *n*, et quelquefois par de petites tournices, quand il s'y trouve des décharges.

Lorsque, par une disposition obligée, un ou plusieurs *pleins* ou trumeaux L se trouvent correspondre, dans la hauteur du bâtiment, au milieu du vide d'une grande ouverture pratiquée au rez-de-chaussée, il est indispensable de venir au secours de la sablière, ou poitrail, sur-

[1] Dans les cloisons, on fait souvent les poteaux d'huisserie des baies des portes à bois apparent; mais alors il convient de donner aux huisseries 2 pouces d'épaisseur de plus qu'aux autres bois de la cloison, si on doit la latter, afin qu'en l'enduisant de chaque côté, il reste une petite feuillure d'environ 1 pouce en dehors de cette huisserie, pour recevoir le lattis. On fait encore une pareille feuillure de chaque côté d'une cloison, aux arêtes de dessus des sablières d'en bas des cloisons pour recevoir le lattis.

tout si le pan de bois porte planchers, par un système de décharges, combiné comme l'indiquent les lettres *ff* dans la Figure 1. Afin de procurer la plus grande force possible à cette armature, au lieu de faire porter l'extrémité supérieure des décharges sous les doubles sablières formant appuis, marquées *t*, comme on le fait ordinairement, il serait à propos de les faire buter contre une doublure ou renfort, comme l'indique la lettre *g*.

Les petits carrés entre les doubles sablières, marqués *o*, *o*, indiquent le bout des solives des planchers; il en est de même de ceux marqués des mêmes lettres dans les Figures 2 et 3. Dans la Figure 4, les solives étant posées sur les cloisons, ne paraissent pas sur la façade.

Toutes les pièces qui composent un pan de bois ou une cloison de charpente, doivent être assemblées à tenons et mortaises, entrées de force et chevillées. Pour les décharges et autres pièces de bois inclinées, on coupe le bout du tenon et des épaulemens du côté de l'angle aigu, de manière à ce qu'il pénètre à angle droit dans la pièce qui le reçoit, comme on le voit exprimé par la Figure 5. Ainsi façonné, on l'appelle *tenon en about*.

La partie des tournices, coupée obliquement, s'assemble avec les décharges par des t nons triangulaires, nommés à *tournices* ou *oulices*, représentées par la Figure 6, dont le bout est coupé carrément. Il est préférable de faire usage, pour l'assemblage de ces pièces, des tenons en abouts, représentés par la Figure 7, parce qu'ils affaiblissent moins les décharges. On se contente quelquefois de couper les tournices obliquement, et de les arrêter contre les décharges avec de grands clous, appelés *dents de loup*, ou avec des chevillettes [1].

Les pans de bois et les cloisons au rez-de-chaussée doivent être érigés sur des petits murs de maçonnerie, en bons moellons ou en pierres de taille, appelés *parpains*. Ces murs doivent être élevés au-dessus du sol au moins de 2 pieds, afin de garantir les bois de l'humidité.

L'épaisseur d'un pan de bois élevé de trois à quatre étages est ordinairemet de 8 à 9 pouces.

Lorsque deux pans de bois forment une encoignure, le poteau d'angle, appelé *poteau cornier*, doit avoir 9 à 10 pouces de gros; on donne

[1] Il est à propos de surveiller la pose des tournices, parce que les charpentiers ont coutume de n'y employer que les rebuts de chantiers et les plus mauvais bois, qu'ils font payer comme s'ils étaient bons et bien assemblés.

la même grosseur à ceux placés aux deux côtés d'une grande ouverture, formant l'angle des trumeaux dits *d'étrière* E, Figure 1. Les sablières doivent avoir 8 à 9 pouces de grosseur. On donne aux décharges, guettes, branches de croix de Saint-André et poteaux d'huisserie, pour les portes et croisées, 7 à 8 pouces; et aux poteaux de remplissage, tournices et potelets, 6 à 7 pouces.

Lorsqu'un pan de bois est élevé sur un poitrail, au-dessus de grandes ouvertures pour boutiques ou portes cochères, il faut donner à l'épaisseur verticale de ce poitrail le douzième de la largeur de ces ouvertures.

Pour les cloisons intérieures portant plancher, les poteaux d'aplomb doivent avoir pour épaisseur le douzième de leur hauteur. Les décharges et les sablières auront un pouce de plus en largeur et en épaisseur.

Celles qui ne servent que de séparation, n'ayant pas besoin de monter de fonds, n'exigent pas du bois aussi fort, et la moitié des épaisseurs précédentes peut leur suffire : et même, pour plus de légèreté, au lieu de les hourder, comme on le fait d'ordinaire, on les laisse creuses, et l'on se contente de les latter et enduire par-dessus. Quand elles sont d'une certaine hauteur, comme les poteaux seraient en danger de plier, on les assemble dans des liernes que l'on place vers le milieu pour diminuer leur longueur.

Quoique l'on puisse placer les cloisons de séparation à volonté, il faut cependant prendre des précautions dans la disposition de la charpente d'un plancher, quand elles ne peuvent être mises en travers sur les solives, afin que chacune porte sa part. Lorsqu'une cloison doit être posée suivant la longueur des solives, il est à propos de la tenir aussi légère que possible, d'y placer des décharges qui rejettent une partie de son poids vers ses extrémités latérales ou sur les murs; de poser une solive plus forte que les autres sous la sablière, et même de faire porter la cloison, quand cela se peut, sur trois solives, par le moyen de barres de fer qui unissent ensemble les deux solives les plus proches, avec celle qui est particulièrement chargée de la cloison. Il y en a qui, pour soulager la solive souffrante, mettent encore des tirans dans l'épaisseur d'une cloison, qui l'embrassent et vont s'attacher sur les décharges.

ARTICLE II. — DES PLANCHERS.

Combinaisons de charpentes propres à la formation des planchers.

Les planchers se composent, en général, de pièces de bois appelées *solives*, posées horizontalement à quelque distance les unes des autres, et soutenues, à leurs extrémités, par des murs, des cloisons, des pans de bois, ou par des pièces de bois plus fortes, qu'on nomme poutres.

Dans la distribution de la charpente d'un plancher, il faut avoir égard aux âtres de cheminées, à leurs tuyaux passant des étages inférieurs le long des murs, aux vides des portes et croisées inférieures, afin d'asseoir solidement sur un plein le bout des maîtresses pièces destinées à porter les autres, et de ne rien faire de contraire à la solidité et aux ordonnances rendues pour la sûreté contre les incendies [1].

Il entre plusieurs sortes de solives dans un plancher, des solives d'enchevêtrures, des chevêtres, des linçoirs, des solives scellées dans les murs, des solives de remplissage, des lambourdes, des coiers, des goussets, des empanons et des solives boiteuses ; toutes ces pièces s'assemblent entre elles à tenons et mortaises.

Les *solives d'enchevêtrure* G, G, Figures 1, 2, 3, 4, Planche LXXXV, sont toujours portées et scellées de 8 à 9 pouces dans les murs. Leur office est non-seulement de soutenir les jambages des cheminées, et la maçonnerie de leur âtre, à l'aide des bandes de trémie, mais encore l'assemblage des chevêtres et des linçoirs. Ces solives doivent avoir un

[1] 1°. Écarter les solives d'enchevêtrure d'un pied de plus que le dedans œuvre des jambages de cheminées de moyenne grandeur, ou tout au moins les tenir d'un pouce de chaque côté plus espacées que le dedans œuvre des jambages des grandes cheminées.

2°. Laisser 3 pieds et demi de distance, depuis le fond du vide de l'âtre jusqu'au devant d'un chevêtre qui porte les solives de remplissage ; et s'il y a des tuyaux de cheminée passant derrière l'âtre en question, les 3 pieds et demi doivent être comptés du dedans de la languette qui recevra le contre-cœur.

3°. Éloigner de 3 pouces les linçoirs du devant des tuyaux passans, parce que, règle générale, il est expressément enjoint, par repport aux incendies, de laisser 6 pouces d'intervalle entre le dedans œuvre d'un tuyau de cheminée, et tout bois quelconque, soit d'un plancher, soit d'un comble, soit d'une cloison.

4°. Éviter surtout de mettre au devant de trois tuyaux passans, un linçoir commun qui aurait peu de solidité à cause de sa trop grande portée ; mais, entre le deuxième et le troisième tuyau, il faut mettre une enchevêtrure scellée dans le mur, en ayant soin de laisser, comme il est prescrit, 6 pouces de maçonnerie de part et d'autre de l'enchevêtrure, jusqu'au dedans œuvre desdits tuyaux. Voir l'appendice au dixième livre.

pouce de plus de largeur et d'épaisseur que les solives ordinaires et que celles de remplissage.

Comme les enchevêtrures portent, par assemblage, les chevêtres et les linçoirs, en supposant que ceux-ci ayent une portée au delà de 5 à 6 pieds, ou bien soyent chargés de solives de remplissage d'une grande longueur, il conviendrait alors de fortifier l'assemblage du chevêtre ou du linçoir, c'est-à-dire, chacun de leurs tenons, par un étrier en fer qui, l'embrassant par-dessous, irait se clouer sur l'enchevêtrure. Au surplus, cela ne s'observe guére qu'au droit des tuyaux passans; car, quand les linçoirs sont le long des murs, on peut se passer d'étriers, et il suffit d'ordinaire de les soutenir par-dessous par quelques corbeaux de fer que l'on scelle dans le mur, et que l'on entaille de leur épaisseur. Cependant, il y en a qui, pour éviter de donner à un linçoir trop de longueur, prennent le parti de mettre deux enchevêtrures voisines l'une de l'autre, de sorte que n'y ayant qu'un assemblage dans chaque enchevêtrure, il en résulte plus de force pour le plancher

Les *chevêtres* B, B, mêmes Figures, s'assemblent dans les solives d'enchevêtrure, au devant des âtres A, A, et reçoivent par assemblage un des bouts des solives de remplissage D, D.

Les *linçoirs* M, M, s'assemblent dans les solives d'enchevêtrure G, et quelquefois aussi un de leurs bouts est porté en plein mur; ils sont encore destinés à recevoir l'assemblage des solives de remplissage D, et se placent, soit au long des tuyaux passans de cheminée, soit au long des murs, pour éviter d'y sceller le bout de toutes les solives, ce qui les divise, nuit à leur liaison et les affaiblit.

Les *lambourdes* L, Figure 2, sont scellées dans les murs par les extrémités; elles portent les solives avec ou sans assemblage, et sont soutenues volontiers par-dessous, de distance en distance, par des corbeaux de fer entaillés de leur épaisseur. Pour une plus grande solidité, les lambourdes devraient être encastrées dans le mur, de la moitié de leur largeur, comme l'indiquent les Figures 5 et 6.

Les planchers dans lesquels les solives sont portées ou assemblées sur des lambourdes, sont préférables à ceux où elles ne sont que scellées dans les murs, parce que, dans les premiers, elles se trouvent plus solidement réunies. Ces espèces de solives procurent encore aux planchers une plus grande solidité que les linçoirs isolés des murs,

qu'on leur a substitués, et qui ne sont soutenus que par des tenons, de même que les solives qu'ils doivent porter.

L'épaisseur verticale des lambourdes peut être égale à une fois et demie celle des solives ordinaires, et leur épaisseur à une fois. Ainsi, pour un plancher de 14 pieds dans œuvre, dont les solives devraient avoir 7 pouces d'épaisseur verticale, celle des lambourdes serait de 10 pouces et demi, sur 7 pouces de largeur.

La manière la plus solide d'assembler les solives avec les lambourdes, est celle dite à *queue d'aronde*, avec recouvrement, pour que la solive porte de toute son épaisseur, comme on le voit représenté par les Figures 5 et 6. Pour tracer les entailles dans les lambourdes, on divisera leur largeur en quatre parties égales, dont on donnera une pour le recouvrement qui doit recevoir la grosseur entière de la solive, deux parties pour la queue d'aronde, et la quatrième, pour former la jouée le long du mur.

Ce qui vient d'être dit par rapport aux lambourdes placées le long des murs, peut s'appliquer, en partie, à celles que l'on a accolées depuis aux côtés des poutres, afin d'éviter les entailles que l'on y pratiquait autrefois pour loger le bout des solives, dans la vue de diminuer l'épaisseur des planchers.

Les *coïers* sont de maîtresses solives posées diagonalement dans le plancher supérieur d'un bâtiment, au-dessous de la croupe d'un comble : ils portent par un bout sur l'angle du mur, et sont assemblés par l'autre dans des goussets. La fonction des coïers est de recevoir par assemblage les *empanons*, qui sont, ici, des soliveaux de remplissage qui vont successivement en diminuant de longueur.

Pour ce qui est *des solives boiteuses*, ce sont celles qui sont assemblées par un bout dans une pièce de bois, et scellées dans un mur par l'autre.

Les vides marqués A dans les Figures 1, 2, 3 et 4, se remplissent par de petites voûtes bandées en briques ou en moellons, pour former l'âtre des cheminées : les naissances sont faites avec des tasseaux triangulaires cloués à l'intérieur des chevêtres ou solives d'enchevêtrure. A Paris, on se contente d'une maçonnerie en plâtre, soutenue par deux ou trois barres de fer plat et coudées, qu'on appelle *bandes de trémie*.

On remplit quelquefois les intervalles entre les solives en maçonnerie, ce qui donne aux planchers encore plus de consistance et de fer-

meté. Ceux qui objectent que ce moyen rend les planchers trop lourds, ne font pas attention que cette augmentation leur procure une continuité qui leur donne presque autant de solidité que s'ils étaient formés de solives jointives, et dans ce dernier cas leur force serait doublée. Le seul inconvénient est que les bois périssent plus vite.

Lorsque les solives ont beaucoup de portée, et qu'on veut donner plus de fermeté aux planchers, sans les hourder plein, on place, selon une même direction, des bouts de bois O, O, O, entre les solives, qu'on fait entrer de force. Dans un plancher comme celui Figure 1, le direction la plus convenable à donner à cet étrésillonnement, est de l'établir à la suite des chevêtres.

On se sert encore, pour cet objet, de pièces de bois appelées *liernes*, qui portent des entailles pour embrasser les solives. Cette pièce, représentée par P, est arrêtée sur chaque solive avec des chevilles ou des petits boulons; mais comme les parties de bois qui séparent les entailles des liernes, peuvent se détacher en les forçant entre les solives, il vaudrait mieux, après avoir fait les étrésillounemens O, O, O, poser dessus un madrier Q arrêté avec de bonnes chevillettes, tant sur les étrésillons que sur les solives. Pour bien faire cette opération, il faut soutenir le plancher par-dessous par une sablière et quelques étais qu'on ôte après. L'étrésillonnement a encore l'avantage de contrebuter les solives dans toute leur épaisseur, tandis que la lierne ne peut les embrasser que de 3 ou 4 pouces au plus, en supposant qu'il ne se trouve pas de flaches aux solives.

Planchers d'assemblage, composés de solives qui se soutiennent mutuellement les unes et les autres.

Celui représenté Figure 1, Planche LXXXVI, est tiré du Recueil de Charpente de M. Krafft, 2e. partie, page 8 et planche numéro 21. Cette Figure indique une manière pratiquée en Hollande pour employer des bois de différentes longueurs. On place autour des murs des lambourdes sur lesquelles posent ces pièces de bois; quatre sont placées en travers des angles, posant des deux bouts sur les lambourdes; d'autres, qui recroisent les angles formés par les premières, ne portent que d'un bout sur les lambourdes, et sont assemblées de l'autre dans ces premières à tenons et à mortaises. Le surplus des pièces est disposé dans le même genre, et assemblé à tenon et mortaise des deux bouts. Il en

résulte des compartimens irréguliers auxquels on ne fait pas attention, parce que ces planchers sont recouverts en dessus et en dessous par des planches jointives qui cachent ce défaut. Ces planches, qui ont un pouce et demi d'épaisseur, sont disposées en travers des pièces sur lesquelles elles sont arrêtées, de manière à les réunir fortement les unes avec les autres, et à ne former qu'une seule pièce, ainsi qu'on le voit par la Figure 1, où la moitié est recouverte de planches.

On voit à Paris, dans les bâtimens de la Halle aux draps, attenant au Marché des Innocens, un autre exemple de combinaison du même genre qui a, sur le premier, l'avantage d'offrir une parfaite régularité. Dans ce dernier, représenté par la Figure 6 de la Planche LXXXVII, les solives, à partir des pièces diagonales marquées A, A, A, A, se supportent mutuellement par un assemblage à queue d'aronde avec entailles et coupes, représentées en grand, Figure 7. Les solives vont en diminuant de grosseur, en raison de leur longueur, jusqu'au milieu, où elles ont un tiers de moins. Dans ce milieu, qui forme un vide circulaire, on a ajusté une clef pendante, soutenue par quatre liens cintrés : cet ajustement ne peut être considéré que comme un moyen de donner à ce plancher une apparence plus hardie. Néanmoins, en examinant cette disposition, on trouve qu'à partir des pièces en diagonale, toute la partie circonscrite ne porte, dans les deux exemples, *que sur huit assemblages* marqués D.

Le milieu de chaque partie est fortifié par des liernes, et le dessus est recouvert de planches jointives clouées sur les solives. En dessous, les solives sont apparentes et forment une sorte de décoration.

Planchers combinés d'après le procédé indiqué par Serlio.

Serlio, dans son Traité d'Architecture, Livre Ier., donne un moyen fort simple pour établir des planchers avec des solives ou des poutrelles trop courtes pour aller d'un mur à l'autre, en les faisant porter alternativement sur le mur et sur le milieu de chaque pièce. Si nous voulions renoncer à notre routine de former tous nos planchers avec des plafonds unis, on pourrait obtenir par ce moyen des compartimens fort agréables dans les appartemens, et d'un bel effet pour les grandes salles. Afin de les rendre plus durables, on pourrait les revêtir de menuiserie au lieu de plâtre, qui détruit les bois en peu de temps[1].

[1] On voit en Italie de superbes salles et des églises dont les plafonds sont formés par

Les pièces de bois qui forment ces planchers peuvent s'assembler les unes avec les autres à tenons et mortaises, ou par entailles à moitié bois. Il faut remarquer que par le premier moyen, qui est le plus en usage, les pièces ne sont soutenues à leurs extrémités que par des tenons dont la plus grande épaisseur ne peut être que le tiers de celle de la pièce, tandis que par le moyen des entailles à mi-bois, la force se trouve également partagée entre les parties qui portent, et celles qui sont soutenues. Lorsque ces assemblages sont bien ajustés et que les parties qui remplissent les entailles y entrent un peu de force, il en résulte presque autant de solidité que s'il n'y avait pas d'entailles. Si ce sont des solives qui n'en portent qu'une ou deux autres de remplissage, on leur donnera la dix-huitième partie de leur longueur pour épaisseur verticale, c'est-à-dire neuf lignes par pied, au lieu de la vingt-quatrième partie, que nous avons ci-devant indiquée, à cause des assemblages.

Si l'on veut que ces assemblages soient à tenons et mortaises, on divisera l'épaisseur verticale du bois en trois parties égales, celle du milieu sera pour le tenon ou la mortaise.

Pour les assemblages à entailles, on divisera la largeur du dessus de chaque solive en trois parties égales, et son épaisseur verticale en deux; en sorte que les entailles auront pour largeur le tiers de celle des principales solives, et pour profondeur la moitié de leur épaisseur.

Il en sera de même pour les poutres ou pièces de bois qui soutiendront un plus grand nombre de solives, c'est-à-dire, huit à dix; seulement leur grosseur sera proportionnée à ce nombre et à leur portée ou longueur entre les appuis: ainsi, au dix-huitième de leur longueur pour l'épaisseur verticale, on ajoutera autant de fois trois lignes qu'elle doit porter de solives de remplissage. Les Fig. 1, 2, 3, de la Pl. LXXXVIII indiquent la forme et les détails d'un plancher de cette espèce.

des planchers à soffites composés de poutres ou poutrelles, combinées avec d'autres qui ne sont que simulées pour former compartiment. Ceux de Saint-Paul hors-les-murs, Saint-Laurent hors-les murs, Sainte-Marie majeure, à Rome, Saint-Janvier, à Naples, offrent de beaux modèles en ce genre.

S. Serlio a donné, à ce sujet, divers dessins de compartimens d'une grande beauté, au Chapitre XII du IVe. Livre de son Architecture, parmi lesquels il est facile de reconnaître celui du plafond de la magnifique Loge de Fontainebleau, exécuté au temps de François Ier., sous les yeux de cet habile architecte. Ce plafond qui passe, avec raison, pour un des plus beaux ouvrages en ce genre, existe encore aujourd'hui dans le plus parfait état de conservation.

Comme les entailles que nous proposons pour assembler les principales solives, poutrelles ou poutres de ces planchers, ont trop peu de largeur pour être taillées en queue d'aronde, on les arrêtera avec des chevillettes. Mais pour former un ouvrage plus solide, il faudra poser des plates-bandes de fer en dessous, en travers des joints, comme elles sont indiquées Figure 3; elles seront entaillées de leur épaisseur et arrêtées avec vis à tête fraisée.

Pour faire sentir la bonté de ce moyen, nous ferons remarquer que deux poutres ou solives ajoutées l'une au bout de l'autre sans assemblage, pourraient se soutenir par l'effet seul de ces plates-bandes : car, si l'on empêche le joint de s'ouvrir par le bas, le haut agissant comme point d'appui, présentera une résistance à toute épreuve.

Les solives de remplissage auront pour épaisseur verticale la vingt-quatrième partie de leur longueur; elles pourront être assemblées et arrêtées comme il est indiqué, ci-après, page 64.

Planchers a compartimens.

La Figure 3 de la Planche LXXXVI représente un plancher exécuté dans une maison de plaisance du Statoudher. Ce plancher est composé de poutrelles de chacune 7 pieds de long sur 9 pouces de gros, disposées à la manière de Serlio, et formant des renfoncemens de 3 pieds en carré. Ces poutrelles sont assemblées à entailles avec coupes, recouvertes en dessus d'un double rang de planches de 18 lignes d'épaisseur, jointes à rainures et languettes, posées en liaison et clouées sur les poutrelles, et le second en travers des premières et clouées dessus.

En posant le plancher, on lui a donné un bombement d'une ligne par pied de largeur dans œuvre. Il est assemblé dans un grand cadre formé par les lambourdes posées le long des murs.

La coupe de ce plancher et le détail de l'assemblage des poutrelles sont représentés par les Figures 4 et 5.

Les poutrelles sont réunies en dessus par des plates-bandes de fer entaillées de leur épaisseur; mais il aurait mieux valu qu'elles eussent été posées en dessous, par les raisons que nous avons ci-devant expliquées, d'autant plus qu'elles sont suffisamment arrêtées en dessus par le double rang de planches qui les recouvrent[1].

[1] La Figure 2 de la Planche LXXXVI indique un plancher sans solives, exécuté à Amsterdam, pour un atelier de décoration. Ce plancher, qui a 60 pieds en carré, est

Planchers en parquets.

Les planchers en parquets formés par des poutrelles et des solives de remplissage, comme ceux indiqués par les Figures 4 et 5, Planche LXXXVII, ont l'inconvénient de ne pas avoir partout la même fermeté. Les solives qui remplissent les espaces triangulaires ayant des longueurs différentes, il faudrait leur donner des grosseurs proportionnelles, qui exigeraient des réductions plus coûteuses; et, si on leur donnait une grosseur moyenne, elle deviendrait faible pour les grandes, et trop forte pour les petites.

Les quatre pièces en diagonales marquées A, soutiennent tout le poids de la partie du plancher qu'elles renferment, en huit points, dans le milieu de leur portée.

Dans la Figure 4, la pièce E, qui est plus longue que les pièces C, C, porte le double, et toute cette charge répond au milieu des pièces BB.

Dans la Figure 5, la charge est mieux distribuée; mais ces dispositions ne sauraient jamais valoir celles où le poids se trouve partagé uniformément sur toutes les pièces.

Planchers combinés d'une nouvelle manière.

La Planche LXXXIX représente un plancher carré de 42 pieds dans œuvre, composé de poutrelles disposées diagonalement et formant d'autres carrés de 7 pieds $\frac{1}{2}$, garnis de deux rangs de solives qui se croisent

formé de trois rangs de planches de sapin, de 18 lignes d'épaisseur, assemblées à rainures et languettes posées en travers les unes sur les autres. Il est renfermé dans un cadre formant lambourde le long des murs, et portant à l'intérieur une entaille pour recevoir les trois rangs de planches; on a donné au premier rang, posé diagonalement, environ une ligne par pied de bombement.

Le second rang, posé en sens contraire, est arrêté avec le premier par trois ou quatre rangées de clous.

Le troisième rang, qui fait le dessus du plancher, est formé par des planches posées parallèlement à un des murs, et arrêtées de même sur le second rang par des clous disposés selon les planches du dessous.

Cette disposition prouve combien les planches clouées en travers sur les solives peuvent contribuer à la solidité; puisqu'on peut former, par leur moyen, des planchers sans solives, et que, dans celui-ci, un seul rang de planches en tient lieu. Il est évident que cet avantage ne peut être attribué qu'à la liaison et à la continuité des planche qui le forment.

et forment ensemble la même épaisseur que les poutres, pour recevoir un plafond en dessous et les carreaux en dessus.

Les poutrelles ont 16 pieds et demi de longueur, sur 12 pouces de largeur et 14 pouces d'épaisseur verticale; elles sont assemblées avec des entailles à moitié bois, comme dans la Planche LXXXVIII, avec des plates-bandes de fer, pour réunir les joints en dessous.

Les solives qui remplissent les intervalles entre les poutres, ont 5 sur 7 pouces de grosseur, posées de champ. Celles du haut portent de toute leur épaisseur dans des entailles d'un pouce et demi de profondeur, faites dans les poutrelles. Celles du bas, qui sont entaillées à mi-bois par les bouts, portent sur des entailles de même profondeur faites dans les poutrelles en retour, ainsi qu'on le voit dans la Figure 2.

Ces solives sont fortement réunies les unes aux autres avec des boulons, en sorte que chaque remplissage forme une espèce de grille d'une seule pièce.

Pour suppléer au tassement dont ce plancher pouvait être susceptible par la compression des bois et le resserrement des assemblages, on lui a donné, en le posant, un bombement d'une ligne par pied; en le soutenant sur des étais placés à mesure sous les assemblages des poutrelles, qu'on faisait raidir avec des coins en dessus : au lieu d'aire sur lattis, il a été garni de planches clouées en travers sur les solives. Le dessous a été latté et plafonné. Pour le carrelage au-dessus, on a étendu un lit de poussière, et les carreaux ont été posés en plâtre. Ce plancher, exécuté, vers la fin du dernier siècle, dans un magasin de farine, à Corbeil, a, quoique fort étendu, presque autant de fermeté qu'une voûte.

Planchers anciens, dits à entrevous, *et planchers modernes qui les remplacent.*

Dans l'avant-dernier siècle, on faisait généralement usage, pour les salles qui excédaient 18 pieds de largeur, des planchers à entrevous, c'est-à-dire, avec des poutres et des solives apparentes, et dont l'exécution était très-simple. Toutes les solives avaient toujours 12 pieds de long, sur 6 pouces de gros, ou la vingt-quatrième partie de leur portée ou longueur dans œuvre, et étaient espacées tant plein que vide; un de leurs bouts était porté directement sur les poutres, avec

ou sans entailles, et l'autre bout était, soit scellé dans les murs, soit porté sur des lambourdes appliquées le long des murs. Tous les bois étaient de sciage, corroyés et rabotés proprement sur leurs faces apparentes, avec quelquefois des moulures sur leurs arêtes.

Comme il n'y avait pas d'assemblages dans ces sortes de planchers, si ce n'est au droit des chevêtres, à la rencontre des âtres et des tuyaux de cheminée, ils étaient d'une bonne durée, et leurs bois, étant en grande partie à découvert, n'étaient pas aussi sujets à s'échauffer que lorsqu'ils sont enfermés dans des plafonds; aussi voit-on encore de très-anciens planchers à bois apparens qui sont aussi sains que s'ils venaient d'être exécutés.

On ne fait plus guère usage maintenant des planchers à entrevous, si ce n'est dans les provinces et pour les lieux publics, tels que les hôpitaux, les magasins et autres bâtimens, où la plus grande solidité doit l'emporter sur toute autre considération.

Dans la suite, lorsqu'on voulut plafonner les planchers en dessous, on commença par poser de fausses solives assemblées dans les poutres, ou arrêtées sur des tasseaux cloués contre les poutres. Comme les fausses solives n'avaient que le lattis à porter, il suffisait de leur donner la moitié de la grosseur des solives de dessus.

Cependant, comme il résultait de cet arrangement une épaisseur de plancher beaucoup trop considérable, on parvint successivement à la réduire. On assembla d'abord les solives dans les poutres, au moyen d'entailles, Figures 4 et 5, Planche XC, qui corrompaient le bois et en diminuaient infiniment la force. Enfin, on imagina de les assembler dans des lambourdes *ff*, Figure 6, accollées aux deux côtés des poutres, et reliées avec elles au moyen de boulons et d'étriers en fer, E. Ce dernier arrangement, qui nous paraît préférable sous tous les rapports, procure encore l'avantage de pouvoir réduire la force des poutres : ainsi, par exemple, pour un plancher qui exigerait une poutre de 24 pieds de longueur, au lieu de se servir d'une poutre de 18 pouces sur 14, il suffira d'employer une poutre de 13 pouces de grosseur, en y appliquant deux lambourdes de 10 pouces de hauteur, sur 6 pouces de largeur, qui seraient portées dans les murs et reliées comme nous l'avous indiqué dans ce qui précède.

Application des règles sur la force des bois, aux pièces principales qui entrent dans la composition des planchers.

Les expériences sur la force des bois, consignées dans le Livre Ier de cet ouvrage, et la théorie qui en résulte, font connaître que la solidité des planchers de même largeur, doit être en raison doublée de l'épaisseur verticale des solives, et en raison directe de leur largeur, et inverse de leur espacement. Ainsi, à largeur et espacemens égaux, de solives égales sur même longueur, la force d'un plancher dont les solives auraient 8 pouces d'épaisseur verticale, espacées l'une de l'autre de 8 pouces, serait à celle d'un autre plancher de mêmes dimensions, dont les solives auraient 6 pouces d'épaisseur verticale et seraient espacées l'une de l'autre de 6 pouces, comme le carré de 8 est au carré de 6; comme 64 est à 36; enfin, comme 16 est à 9, c'est-à-dire presque double. La quantité de bois produite par les solives de 8 pouces est à celle que donnent les solives de 6 pouces, comme 4 est à 3 : *ainsi un tiers de bois de plus produit une force double.* Enfin, si de deux planchers garnis de solives, de même longueur, et de 6 pouces de grosseur en carré, les solives sont dans l'un éloignées de 9 pouces, tandis que dans l'autre elles ne le sont que de 6 pouces, ce dernier sera une fois et demie plus fort que l'autre.

Pour former un plancher qui ait la solidité convenable, il faut, si les solives sont espacées tant plein que vide, que leur épaisseur verticale soit un vingt-quatrième de leur longueur dans œuvre. Ainsi, les solives d'un plancher de 12 pieds de portée entre les murs devraient avoir 6 pouces d'épaisseur verticale, et être espacées de 6 pouces, si elles sont carrées. Ce plancher équivaudrait, pour la quantité de bois, à un plancher plein, de 3 pouces d'épaisseur, c'est-à-dire composé de madriers ou de solives jointives, dont l'épaisseur verticale serait de 3 pouces. La force des bois de même longueur étant comme le carré de leur épaisseur verticale, il en résulte que, si ces deux planchers étaient pleins, la force de celui de 6 pouces serait à celle du plancher de 3 pouces, comme 36 est à 9, ou comme 4 est à 1; mais comme le plancher de 6 pouces est supposé composé de solives qui laissent entre elles un espace vide égal à leur largeur, tandis que celui de 3 pouces est plein, ce rapport devient comme 2 est à 1, c'est-à-dire qu'un plancher plein de 3 pouces d'épaisseur n'a que la moitié de la force d'un plancher

composé de solives de 6 pouces en carré de grosseur, espacées tant plein que vide.

Si l'on voulait avoir un plancher plein qui eût la même force que celui à solives de 6 pouces, il faudrait que son épaisseur fût égale à la racine de la moitié du carré de l'épaisseur de ces solives, espacées tant plein que vide. Ainsi, pour le cas dont il s'agit, le carré de l'épaisseur verticale des solives étant de 36, l'épaisseur d'un plancher plein de même force devrait être $=\sqrt{18}$, qui donne $4\frac{1}{4}$ et environ $\frac{1}{14}$ de la largeur dans œuvre du plancher. Cependant ce résultat de la théorie est susceptible de modification, car j'ai éprouvé qu'un plancher formé de madriers de 3 pouces et demi d'épaisseur, assemblés à rainure et languette, porte une charge aussi forte qu'un autre, composé de solives de 6 pouces en carré, espacées tant plein que vide.

J'ai encore éprouvé qu'un plancher composé de deux rangs de solives de 3 pouces en carré espacées tant plein que vide, et qui se croisent à angles droits, comme on le voit à la Fig. 2, Planche LXXXIX, a beaucoup plus de fermeté qu'un plancher d'un seul rang de solives de 6 pouces, espacées de même, et qui ne sont réunies que par le lattis des aires et des plafonds.

L'épaisseur verticale des poutres doit avoir la dix-huitième partie de leur portée ou longueur dans œuvre; il vaut mieux qu'elles soient carrées que méplates, parce que les cylindres ou cônes ligneux dont elles sont composées, étant moins tranchés, ont plus de force et de raideur.

Quelques auteurs ont avancé, sans aucun fondement, que les deux moitiés d'une pièce refendue, réunies, en exposant les sciages en dehors, formaient une poutre plus forte que la pièce entière. M. de Buffon, à qui on attribue cette assertion, loin d'en être l'auteur, dit expressément, dans son Mémoire sur la force des bois, que *ceux refendus sont plus faibles, et que l'usage en devrait être proscrit.* Ce savant observateur insiste fortement sur les avantages des bois de brin, et son jugement est appuyé sur un grand nombre d'expériences. Ni lui, ni aucun des savans qui se sont occupés de cet objet, n'ont avancé, comme le prétendent quelques praticiens, que les bois refendus avaient une force double des bois de brin.

Il est vrai que les bois méplats qui ont leur largeur double de leur épaisseur, étant posés de champ, portent une fois plus que lorsqu'ils sont posés de plat, parce que leur force, à longueur égale, est

en raison composée du carré de leur épaisseur verticale et de leur largeur : par exemple, la force d'une pièce de bois méplate de 8 pouces sur 16, posée de champ, est à la force de la même pièce posée de plat, comme le carré de 16 multiplié par 8, est au carré de 8 multiplié par 16; c'est-à-dire comme 2048 est à 1024; enfin, comme 2 est à 1 : mais cette pièce de 8 pouces sur 16 pouces ne porterait pas la moitié de ce que porterait une pièce de 16 pouces en carré.

Relativement aux bois méplats, l'expérience prouve que, dans les bois de sciage comme dans les bois de brin, *chaque morceau d'une pièce de bois refendue en deux, porte moins de la moitié de ce que porte la pièce entière*, de sorte qu'une travée de plancher de 16 pieds dans œuvre, composée de douze solives carrées de 8 pouces de grosseur, en bois de sciage ou en bois de brin, posées à 12 pouces de distance les unes des autres, sera plus forte que si elle était formée de vingt-quatre solives de 8 pouces sur 4 posées de champ et à 6 pouces de distance, quoique, dans l'un et l'autre cas, il se trouve la même quantité de bois et plus de dépenses pour les solives refendues.

Les solives de bois de sciage dont la largeur est moindre de la moitié de leur épaisseur verticale, n'ont pas assez de stabilité, et sont sujettes à se gauchir et à se tourmenter, surtout lorsqu'elles ne sont entretenues que par des lattis faits pour des aires ou plafonds qu'elles font gercer.

Puisqu'à mêmes longueur et épaisseur verticale de solives, la force des planchers se trouve être comme la somme de leur largeur, il devrait en résulter plus d'avantage et d'économie à n'employer que des solives de bois de brin, au lieu de solives de sciage.

Cependant on a observé que les solives de sciage débitées d'après de gros arbres, qui ont acquis le degré de solidité et de consistance dont ils sont susceptibles, sont plus durables que celles qui viennent de petits arbres débités en deux ou en quatre, parce que ces derniers, n'ayant pas atteint le dernier degré de leur accroissement, ont moins de force, et contiennent plus d'humeur capable de les corrompre, surtout lorsqu'ils doivent être renfermés dans le mortier ou le plâtre. Il en est de même des solives de bois de brin. C'est pour cette raison que l'on est quelquefois obligé de renouveler des planchers modernes au bout de dix à quinze ans, tandis qu'on trouve dans des anciens édifices des bois de sciage bien équarris à vives arêtes employés en

solives et chevrons qui ont plus de quatre à cinq cents ans, et qui sont encore en bon état.

Néanmoins, il est essentiel de remarquer que dans les solives de bois de brin, l'intégrité du bois fait plus que compenser le degré de force que procure aux solives de sciage la qualité acquise par un plus grand âge. C'est pourquoi les solives d'un plancher, jusqu'à 15 pieds de longueur, et les solives d'enchevêtrure, jusqu'à 12 pieds de longueur, se mettent communément en bois de sciage; et que, lorsque les unes et les autres sont plus longues, on emploie d'ordinaire des bois de brin

Des poutres et des solives armées.

Comme les bois d'une grande dimension sont rares, fort chers, et, en général, d'une qualité moins sûre, en raison du grand âge des arbres, on a imaginé d'y suppléer, dans les constructions, au moyen d'armatures qui réunissent la solidité et l'économie[1]. Mathurin Jousse, qui passe pour le premier auteur qui ait écrit sur l'art de la charpente, propose dans son *Théâtre de l'Art du Charpentier*, imprimé à La Flèche, en 1664, trois exemples de poutres renforcées par des armatures différentes. Voici comment l'auteur en explique la composition.

« La cent douzième Figure (Figure 5, Planche XCI) montre la manière de faire des décharges sur des poutres qui seront de telle longueur et grosseur qu'on voudra; il faut les refaire et dresser sur toutes les faces, en leur donnant un peu de courbe en haut par le milieu. On prendra deux pièces marquées A, B, pour servir de dé-

[1] Dans les premières années de ce siècle, plusieurs architectes ont fait un judicieux emploi des poutres armées, pour former des planchers d'une grande étendue. Les ouvrages les plus importans en ce genre, sont, sans contredit, ceux exécutés dans les grandes salles du Louvre, sous la direction de M. Fontaines, premier architecte du roi.

Le même procédé a été mis en usage, avec un plein succès, pour le plancher qui sépare la bibliothèque du Muséum d'Histoire Naturelle, des salles du deuxième étage. Par suite de dispositions nouvelles, ce plancher devant être chargé dans son milieu d'un groupe d'animaux empaillés qui, par leur grandeur, n'auraient pu trouver place ailleurs dans les galeries, exigeait une solidité supérieure à celle qu'on obtient par les moyens ordinaires. Pour cet effet, on substitua des poutres armées à celles qui existaient alors, sans rien changer à leurs proportions, afin de n'apporter aucun dérangement dans l'ordonnance intérieure. Cette opération a été conduite avec le plus grand soin, par M. Molinos, architecte, notre estimable collègue, à qui l'on doit un grand nombre de constructions d'un mérite remarquable. La Figure 9 représente une de ces poutres dans tous ses détails.

» charges, de 8 ou 9 pouces d'épaisseur, refaites et dressées sur toutes » les faces, et aussi larges que la poutre. Vous ferez, sur les poutres et » sous les décharges, des entailles ou crans de 4 ou 6 pouces; elles se» ront assemblées l'une sur l'autre, le plus juste qu'il se pourra faire. » Ces décharges prendront proche le mur, jusques au milieu de la » poutre; on les retiendra par le joint du milieu avec un étrier de 5 » ou 6 pouces de large, qui prendra par-dessus les décharges et entrera » dans deux mortaises faites de sa largeur dans les décharges et pou» tres. On passera une cheville de fer en travers, 4 ou 5 pouces pro» che du dessous de la poutre, qu'il faudra faire bomber dans le mi» lieu, pour lui mieux donner encore de l'élévation, afin qu'elle se rai» disse davantage, et ensuite on mettra des chevilles de fer aux bouts, » si on le juge à propos, pour le serrer et assembler plus également et » justement sur les poutres. Après cela il faudra mettre la poutre en » chantier, et la refaire avec les décharges, ce qui la rendra beaucoup » plus forte qu'elle n'était auparavant, et aussi belle que si elle était » d'une seule pièce.

» La cent-treizième Figure (Figure 6, même Planche) montre à faire » des décharges d'une autre manière, elles sont même plus fortes que » les autres. Vous prendrez deux pièces de bois marquées C, D, de » 7 à 8 pouces en quarré, de bois de brin (le plus fort et le plus raide » sera le meilleur, pourvu qu'il n'y ait point de nœuds). Il faut les en» tailler de leur épaisseur dans le milieu de la poutre, 1 pied et demi » ou 2 pieds près du bout, à prendre depuis le mur, et les enlever par » l'autre bout, à la hauteur du pavé du plancher : le plus enlevé sera » le meilleur, pourvu qu'elles n'empêchent pas les chambres ou gre» niers. Si les poutres ont 4 toises entre les murs, les décharges auront » chacune 9 pieds de long, et dans le milieu vous établirez une autre » pièce de pareille grosseur et épaisseur, marquée E, que vous assem» blerez justement aux bouts des autres, et que vous retiendrez avec » des étriers de fer, mis dans des mortaises faites dans les poutres. » Vous passerez ensuite une cheville de fer au travers, 4 ou 5 pouces » près du dessus, faisant un peu ployer la poutre en haut, avant que » d'assembler et de bander les décharges, au bout desquelles vous met» trez des plaques de plomb d'une ou deux lignes d'épaisseur, afin » qu'en bandant les décharges il n'y ait pas de vide entre les joints.

» La cent-quatorzième Figure (Figure 7) montre une autre manière

» de décharges faites avec deux pièces de bon bois, de 7 ou 8 pouces
» en quarré, qu'il faut entailler de leur épaisseur dans les poutres,
» 2 pieds près du bout à aller jusqu'au milieu de la poutre, et les y
» enlever d'un pied ou davantage : le plus sera le meilleur, aussi-bien
» qu'aux autres, pourvu qu'ils n'incommodent pas. Il est nécessaire de
» les couper justement par les bouts, et de les bander et retenir avec
» des étriers, comme j'ai dit des autres. Si les décharges se rencon-
» trent au-dessous de quelques cloisons, il faudra les élever le plus
» haut qu'on pourra. »

De ces trois manières, la première nous paraît préférable et mieux combinée; cependant il faut observer que la force qui unit les fibres du bois étant beaucoup moindre que celle qui peut les faire refouler ou les rompre en les tirant par les deux bouts, les parties qui forment les crans et les talons de la poutre pourraient s'arracher, si l'on n'avait pas la précaution de les serrer fortement avec des liens de fer, et de ne pratiquer les talons qu'à un pied et demi ou deux pieds des bouts.

Pour bien entendre l'effet de ces armatures, il faut considérer que la direction des fibres d'une poutre étant à peu près de niveau, l'effort qu'il faut pour la faire courber est beaucoup moins grand que celui qu'il faudrait pour faire baisser des arbalétriers qui forment un angle; car lorsqu'ils sont bien arrêtés à leurs extrémités, il faut, pour que cet effet puisse avoir lieu, que les fibres se refoulent sur elles-mêmes, leur développement angulaire étant plus grand que la distance horizontale entre les talons.

Il en est de même d'une pièce courbe, Fig. 1, posée sur son fort, et dont les extrémités sont arrêtées pour l'empêcher de se redresser. J'ai éprouvé qu'une pièce de bois posée horizontalement sur deux appuis, chargée d'un poids capable de la faire plier du tiers de son épaisseur étant arrêtée par une autre pièce de bois pour conserver sa courbure, et retournée pour qu'elle forme un arc; soutient dans cette position un poids plus que double sans fléchir. Cette expérience fournit un moyen fort simple de faire des planchers très-solides avec des solives de peu d'épaisseur, en les formant de solives courbées, ajustées avec des solives droites, en sorte qu'elles ne puissent pas se redresser, ainsi qu'on le voit représenté par la Figure 2.

Supposons qu'on n'ait, pour faire un plancher de 15 pieds dans œuvre, que des solives de 5 pouces de grosseur, tandis qu'il en faudrait

de 7 pouces 6 lignes; on taillera le dessus de la première solive AB en courbe, pour y appliquer la seconde CD qu'on fera plier par le moyen des liens de fer E, E, placés à trois ou quatre pieds de distance les uns des autres. On donnera à la courbure la moitié de la différence entre l'épaisseur qu'a la solive et celle qu'elle devrait avoir, c'est-à-dire entre 5 pouces et 7 pouces 6 lignes, qui donne 1 pouce 3 lignes; en sorte que la première solive aura 7 pouces au milieu, et 4 pouces et demi aux extrémités. Pour rendre le dessus de cet assemblage droit et de niveau, on ajustera aux extrémités de la solive courbée les écoinçons ou fourrures G, H. On peut, par le même procédé, former des poutres en réunissant deux de ces assemblages l'un contre l'autre, ou en le composant de pièces plus fortes.

Ainsi, pour un plancher de 28 pieds de largeur dans œuvre, dont les poutres devraient avoir le dix-huitième de cette largeur ou 1 pied 6 pouces 8 lignes, si l'on n'a que des solives de 8 pouces, la différence sera de 10 pouces 8 lignes, dont la moitié, 5 pouces 4 lignes, indiquera la courbure que devraient avoir les solives supérieures. Au lieu de tailler la courbe dans les solives inférieures, qui doivent être posées horizontalement, on peut ajuster sur chacune des fourrures taillées en courbe, dont l'épaisseur au milieu sera de 4 pouces et demi, réduite à rien aux extrémités. On posera sur cette espèce de cintre les doubles solives, qu'on fera plier par le moyen de liens de fer, comme nous l'avons ci-devant expliqué, et on y ajoutera les écoinçons.

La Figure 8 indique le profil et la coupe par le milieu de cette espèce de poutre.

La moindre épaisseur de ces poutres ou solives armées au droit des points d'appui, doit être du tiers de leur épaisseur au milieu, pour avoir la force et la fermeté qui conviennent.

Relativement à cette épaisseur au droit des appuis, la théorie démontre qu'elle doit être égale à la racine du carré de l'épaisseur du milieu, divisé par la moitié de la longueur entre les appuis. Ainsi, pour une poutre dont l'épaisseur au milieu serait de 16 pouces, celle au droit des appuis devrait être de 5 pouces $\frac{4}{11}$. Plusieurs expériences faites sur des bois chantournés de cette manière, comparés à d'autres de même longueur, et qui avaient une épaisseur égale à celle du milieu des pièces chantournées, ont porté à peu près le même poids; mais celles terminées par des bois courbés portent un tiers de plus.

Pour former ces armatures, il n'est pas absolument nécessaire que les solives dont elles sont composées aient toute la longueur; elles peuvent être de deux pièces assemblées à trait de Jupiter, et posées de manière que les joints de ces pièces soient en liaison l'un sur l'autre.

Comme le fer résiste avec une force beaucoup plus considérable que le bois, on peut substituer aux solives et aux arbalétriers des exemples précédens, des barres de fer solidement arrêtées sur l'espèce de chanteau appliqué sur la solive droite, comme l'indique la Figure 4; on prendra pour hauteur de cintre la différence de l'épaisseur verticale de la solive qu'on a à sa disposition, avec celle que devrait avoir la solive ou la poutre.

L'épaisseur de la barre de fer cintrée doit être d'une demi-ligne par pied de longueur sur une largeur double.

Pour les solives, une seule barre posée dans le milieu suffit; on en mettra deux pour les poutres correspondantes au milieu de chaque solive du bas; les liens de fer seront placés de même que dans les armatures en bois; mais comme il faut qu'ils passent sur les barres de fer courbées, elles seront entaillées de leur épaisseur dans le *chanteau*.

Il est facile de concevoir que, si le segment formé par la barre de fer n'était pas rempli par le chanteau de bois, elle tendrait à plier plutôt qu'à se refouler, et n'aurait pas assez de résistance.

La plus grande force qu'il faut pour refouler le bois en le pressant selon la direction de ses fibres, explique un moyen extraordinaire, Figure 3, employé par quelques constructeurs pour donner plus de force aux poutres. Ce moyen consiste à scier la poutre en travers dans son milieu jusqu'au tiers de son épaisseur verticale; on pose ensuite dessous un étai pour soulever un peu la poutre dans son milieu, et on enfonce un coin dans le trait de scie, qui fait relever la poutre de dessus l'étai et lui donne plus de raideur.

Les expériences faites par M. Parent, de l'Académie des sciences, et celles répétées depuis, prouvent que les poutres sciées et garnies de coins, ont environ un sixième de force de plus que celles de même bois et de mêmes dimensions, qui ne sont pas sciées.

CHAPITRE DEUXIÈME.

DES ESCALIERS, DES VOUTES ET DES PONTS.

ARTICLE PREMIER. — DES ESCALIERS.

Les escaliers en charpente se composent, comme ceux en pierre, de marches soutenues par des murs, des limons ou des noyaux, et quelquefois par leurs propres coupe et assemblage, comme dans les escaliers dont les marches se profilent par le bout. La position des escaliers, et la forme de la cage ou local dans lequel ils se trouvent placés, donnent lieu à une quantité presque infinie de variétés, dans leurs plans et leur disposition. Ils peuvent être en rampes droites, pratiqués entre deux murs ou soutenus par des limons : ces rampes peuvent tourner autour d'un ou de plusieurs noyaux, comme l'indiquent les Figures 2, 6, 9 et 13, Planche XCII; elles peuvent s'assujettir à toutes sortes de plans réguliers ou irréguliers.

Les principales difficultés qui se rencontrent dans l'exécution des escaliers, consistent dans la distribution des marches en plan, relativement aux points de départ et d'arrivée, surtout pour les escaliers de dégagement, dont l'emplacement est souvent très-borné.

Quel que soit le plan d'un escalier, il faut que la division des marches soit faite également sur une ligne qui passe par le milieu des rampes. Lorsqu'il y a des parties tournantes, leur division doit se faire sur un arc de cercle qui se raccorde avec le milieu des parties droites. Dans les cages carrées ou rectangulaires, on n'a aucun égard aux parties, X, qui sont au delà des cercles inscrits au droit des marches tournantes. La hauteur des marches varie de 5 pouces et demi à 6 pouces et demi, et la largeur ou giron, de 9 à 12 pouces.

Les anciens escaliers de charpente étaient presque tous tournans, avec un noyau plein et arrondi, montant de fond. Les cages dans lesquelles ils étaient pratiqués étaient rondes ou carrées, elles formaient quelquefois des polygones de 5, 6 ou 8 côtés, Figures 2, 6, 9 et 12.

Dans les espaces longs et rectangulaires, dont la largeur pouvait contenir deux rampes, on faisait des escaliers à deux noyaux, réunis par des limons avec des paliers aux extrémités, Figures 8 et 9. Lorsque la longueur des limons n'était pas assez grande pour contenir le nombre

de marches nécessaires pour former une révolution sous laquelle on pût échapper, au lieu de paliers, on plaçait des marches tournantes, Figures 8 et 9.

Dans les cages rectangulaires qui avaient beaucoup de largeur, on plaçait quatre noyaux montant de fond, réunis par des limons, pour soutenir les marches qui formaient un vide ou jour au milieu; on observait des paliers aux angles, ou des marches tournantes, si la cage était petite, Figures 12 et 13.

Afin d'éviter l'inconvénient des marches tournantes, qui n'ont presque point de largeur au *collet*, les modernes ont imaginé les escaliers à jour avec des noyaux évidés portés par des limons; on a donné à ces noyaux le nom de *quartier tournant*, ou de *quartier de vis à jour suspendu*. Par cette disposition, le dessus et le dessous des limons étant apparens dans toute leur longueur, il est nécessaire que ces surfaces et les arêtes qu'elles forment se raccordent sans plis ni jarrets, de même que l'appui de la rampe de fer qu'on place dessus.

La ligne droite, courbe ou mixte, qui forme l'arête du dessus du limon, doit, pour la régularité, être partout à une distance égale des arêtes des marches qui joignent le dedans du limon, en sorte que ces arêtes, qui déterminent la courbe du dessus du limon, doivent être disposées de manière à former une ligne qui se dirige uniformément dans toute son étendue, sans jarrets, ni plis, ni coudes.

Pour y parvenir, il faut considérer que si toutes les marches d'un escalier avaient leurs largeur et hauteur égales, le développement de la ligne qui passe par les arêtes de ces marches serait toujours une ligne droite; et que si leur largeur varie, la ligne de développement ne peut être qu'une ligne courbe ou *polygonale*.

Lorsque, après plusieurs marches de même largeur, par exemple de 12 pouces, il s'en trouve d'autres qui n'ont que 4 pouces au droit des limons, les lignes qui passent par leurs arêtes forment à leur rencontre un pli qu'il faut effacer. Ainsi, dans les escaliers à deux rampes, réunis par un noyau évidé demi-circulaire, comme ceux représentés par les Figures 1 et 2, Planche XCIII, les marches, ne pouvant pas avoir autant de largeur autour de ce noyau, que celles qui répondent au limon droit, il doit se former un pli à la rencontre des lignes qui passent par les arêtes de ces marches. Pour faire disparaître ce pli, qui produit un mauvais effet, on augmente progressivement la largeur

des marches *dansantes*, de manière à former une courbe qui efface l'angle formé par la rencontre des deux lignes de rampes.

L'augmentation, pour former le raccordement, se prend aux dépens des marches les plus proches des petites : le nombre des marches à élargir doit être en raison de leur différence de largeur. Supposons, par exemple, que les petites largeurs de marches soient de 4 pouces, et les grandes de 12, on prendra quatre marches étroites et deux larges; on cherchera ensuite la différence entre six petites largeurs, et quatre petites et deux grandes. Cette différence indiquera la somme d'une progression arithmétique, composée de six termes, qui exprimeront l'augmentation à faire aux petites largeurs pour chaque marche. Exemple :

Six petites largeurs à 4 pouces font 24 pouces; mais comme pour le raccordement on doit prendre quatre petites largeurs faisant 16 pouces, et deux grandes de 12 pouces qui donnent 24 pouces, l'espace à remplir sera de 40 pouces, ce qui fait 16 pouces de plus que six petites largeurs. C'est cette différence de 16 pouces qui doit exprimer la somme de la progression arithmétique indiquée par $1+2+3+4+5+6$, dont la somme est 21. Ainsi, ayant divisé 16 pouces, au compas ou par le calcul, en vingt-et-une parties égales, on trouvera l'unité qui forme le premier terme de cette progression de 9 lignes $\frac{1}{7}$; ce qui donne, pour la

première marche 4 pouces + 0 pouce 9 lig. $\frac{1}{7}$
pour la seconde 4 pouces + 1 pouce 6 lig. $\frac{2}{7}$
pour la troisième 4 pouces + 2 pouces 3 lig. $\frac{3}{7}$
pour la quatrième 4 pouces + 3 pouces 0 lig. $\frac{4}{7}$
pour la cinquième 4 pouces + 3 pouces 9 lig. $\frac{5}{7}$
pour la sixième 4 pouces + 4 pouces 6 lig. $\frac{6}{7}$

et pour les six marches 24 pouces + 16 pouces, c'est-à-dire 40 pouces, comme l'espace à remplir.

Ce raccordement peut encore être fait par un moyen géométrique beaucoup plus simple, représenté par la Figure 4, qui est un développement des parties de limon droit et courbe, qui répondent aux petites et aux grandes largeurs de marches. La hauteur étant la même pour toutes, il en résulte des lignes de rampes différentes qui forment un angle en F : ayant fait F6 égal à FG, on élève des points 6, G, des lignes indéfinies perpendiculaires à la direction des rampes sur les-

quelles ils se trouvent; le point H, où ces perpendiculaires se rencontrent, sera le centre de l'arc de cercle qui doit former le raccordement de ces lignes de rampe.

Les lignes des hauteurs de marches, tracées sur ce développement, donneront, par leur intersection avec la courbe de raccordement, les points 1, 2, 3, 4, 5 et 6 qui indiqueront la largeur du collet des marches contre les parties de limons droit et courbe. On aura ces largeurs progressives en abaissant les perpendiculaires 6*a*, 5*b*, 4*e*, 3*d*, 2*e*, 1*f*, qui donneront *a* 5, *b* 4, *c* 3, *d* 2, *e* 1 et *f* B, qu'on portera, dans le même ordre, sur le plan Figure 2, en 6, 5; 5, 4; 4, 3; 3, 2; 2, 1; 1, B: de ces points et de ceux qui divisent la ligne tracée sur le milieu de la largeur des rampes, divisée en autant de parties égales qu'il doit y avoir de marches, on tirera des lignes qui exprimeront la direction et le devant de chacune.

Dans les anciens escaliers, les marches ne sont formées que par des bouts de solives ou chevrons, de 5 à 6 pouces de grosseur, posés de plat, délardés en dessous, replanis par-dessus et profilés sur le devant: ces marches étaient scellées d'un côté dans le mur ou pan de bois, et arrêtées de l'autre dans les limons. On lattait le dessous des marches pour former la *coquille* ou plafond en plâtre; le raccordement du dessus était maçonné et carrelé au défaut des marches, comme l'indique la Figure 11 de la Planche XCII.

On fait actuellement les marches en bois, pleines comme celles en pierre, et on les pose à recouvrement les unes sur les autres, comme il est indiqué sur les Figures 5 et 7 : le dessous est encore ravalé en plâtre, sur lattis jointif, ce qui contribue à réunir les marches avec plus de solidité. Pour maintenir l'enduit sur son contour, et prévenir l'isolement qui a lieu à la suite du desséchement des bois, on pratique à l'intérieur des limons, le long de leur bord inférieur, une rainure *r*, Figure 5.

On pose aussi les marches en coupe, ce qui procure la facilité de pouvoir les réunir fortement entre elles, au moyen de clefs et de chevilles, comme on le voit dans les Figures 12 et 13. De cette manière, les bois peuvent demeurer apparens en dessous, la coquille se trouvant naturellement formée par le délardement des marches : seulement, dans ce cas, il est à propos de faire en sorte que les joints se trouvent recouverts en dessous par une languette formant saillie au droit de

chaque marche, comme dans les girons rampans, afin de masquer les désunions qui résultent de la variation des bois. Ces marches sont, comme les précédentes, assemblées d'une part dans les limons, et de l'autre scellées dans les murs de la cage.

Les limons droits se tracent d'après le profil; ils portent d'un côté une entaille pour recevoir les marches. La face extérieure et celle de dessus sont replanies, et ornées de moulures sur les arêtes.

Pour les limons courbes, les noyaux évidés ou quartiers tournans, on en trouve les développemens en opérant, comme nous l'avons ci-devant expliqué au IVe. Livre, VIe. Section, Chapitre IVe., à l'occasion des escaliers en pierre de taille. On forme un calibre d'après la courbe rallongée que donne l'inclinaison des pièces; ce calibre sert à former les surfaces creuses et rondes des faces intérieures et extérieures du noyau creux, quartier tournant, ou limon courbe dont il s'agit. Ces opérations sont indiquées sur les Figures 8, 9, 10 et 11, où toutes les parties correspondantes sont marquées par les mêmes chiffres et les mêmes lettres, afin d'en faciliter l'intelligence.

Si le recreusement est trop considérable pour la grosseur du bois dont on peut disposer, on fera ces noyaux évidés ou limons courbes en plusieurs pièces, assemblées en coupe comme dans les escaliers de pierre, ou à traits de Jupiter avec des clefs. Pour la solidité, il faut que la quantité de bois enlevée pour former le recreusement, n'excède pas l'épaisseur de celui qui reste, afin que son fil ne soit pas trop tranché.

Les Figures 1, 2, 3, 4, 5 et 6 de la Planche XCIV, indiquent le plan, le profil et les détails d'un escalier à jour sur un plan rectangulaire. Les limons droits sont réunis par des quartiers tournans dont la courbure est un quart de cercle. L'élévation des limons est en face de chaque rampe. La correspondance des lignes d'opération est indiquée par les mêmes chiffres et les mêmes lettres.

Il faut remarquer que, pour que deux hauteurs de marche ne tombent pas à plomb l'une de l'autre sur un même point, à la rencontre des limons, on a reculé le devant des marches qui forment les paliers de l'épaisseur des limons. Le raccordement des quartiers tournans avec les limons se fait comme il a été ci-devant expliqué, pages 75 et 76.

Les bois étant sujets à se tourmenter et à se relâcher dans leur assemblage, on maintient l'union de toutes les parties au moyen de plates-bandes en fer, entaillées de leur épaisseur sur les joints des pièces for-

mant limon; ces pièces sont encore reliées aux parois de la cage par de forts boulons en fer, scellés ou arrêtés dans les murs ou pans de bois dans lesquels l'escalier se trouve renfermé.

Lorsque les noyaux recreusés qui terminent les rampes d'un escalier aboutissent à un grand palier, comme celui indiqué par P, dans la Figure 1, on en fait porter une partie à de fortes pièces scellées dans le mur, qu'on appelle marches palières, ainsi qu'on le voit par le détail, Figures 4 et 5.

On fait aussi des escaliers à marches profilées à l'intérieur, comme ceux dont il a été question au dernier Chapitre de la Stéréotomie : la ténacité des bois peut même permettre, en certains cas, de profiler les marches à l'extérieur, en sorte que l'escalier demeure entièrement isolé: dans le premier cas, le bout extérieur des marches se trouvant scellé ou fixé dans les parois de la cage, les qualités des bois procurent à ces escaliers une solidité supérieure à ceux en pierre de taille. Cependant, comme la pression est moins forte sur les coupes, eu égard à la différence de pesanteur des matières, il en résulte que les marches en bois seraient exposées à se désunir, si l'on n'avait le soin de les relier ensemble au moyen de clefs en fer, goupillées d'une marche à l'autre.

Relativement aux escaliers entièrement isolés, il est facile de concevoir, à la vue seule des détails de leur construction, représentés par les Figures 8, 9 et 10, que la puissance des moyens forcés auxquels ils doivent leur existence, ne saurait s'étendre au delà des dimensions les plus restreintes.

On parlera des petits escaliers de dégagement dont les marches sont en planches, au Chapitre IV de la Ire. Section du VIe. Livre, parce que ce sont ordinairement les menuisiers qui en sont chargés.

NOTE

SUR LA MANIÈRE DE DÉCRIRE LES VOLUTES OU ENROULEMENS FORMÉS PAR LES LIMONS SUR LES PREMIÈRES MARCHES.

On termine ordinairement le bas des escaliers par des enroulemens ou volutes, comme on le voit indiqué par la Figure 1, Planche XCIII.

Le principe de l'opération qui sert à les décrire, que nous avons ci-devant expliqué au Livre IIIe., à l'occasion des arcs rampans, est que les arcs de cercles qui se joignent doivent toujours avoir leur centre sur une même ligne.

Lorsqu'il s'agit d'une révolution complète, la somme des arcs doit être de 360 degrés; il faut, de plus, que les rayons diminuent dans un rapport qui donne une forme agréable.

Pour rendre cette opération plus facile, nous avons formé la volute, Figure 1 de la Planche XCLV, que nous donnons pour exemple, avec des arcs de 60 degrés, dont la corde, étant égale au rayon, fixe toujours la mesure. Cette volute étant accompagnée d'une première marche qui suit le même contour, il en résulte trois spirales, deux qui terminent les arêtes du limon, et une pour la marche.

Les deux spirales du limon partent d'une même ligne perpendiculaire à sa direction, qui se trouve être le prolongement de la troisième marche. Pour la spirale extérieure qui part du point A, on a porté la largeur du limon AB, de B en L; et, du point L comme centre, on a décrit le premier arc AC, qu'on a fixé à 60 degrés, en faisant avec le rayon AL, du point A comme centre, une section en C. On a ensuite tiré LC. Du même point L et LB pour rayon, on a décrit l'arc B1, qui est aussi de 60 degrés.

Comme c'est à ce point I que les deux côtés doivent se réunir, on a déterminé sur IL un point M, qui devient le premier et le dernier centre d'une révolution complète de spirale, et qui se trouve être, pour ce cas, placé au quart de IL.

On a ensuite divisé IC, différence des rayons MC et MI, en six parties égales, pour former la diminution des rayons. Du point M on a décrit l'arc CD, qu'on a fixé à 60 degrés, en faisant une section en D avec le rayon MC. Ayant porté ensuite une des divisions de IC de M en 1, on a décrit de ce point 1 l'arc DE, qu'on a aussi fixé à 60 degrés, en faisant en E une section avec le rayon 1D.

Sur la ligne 1E, on a porté, comme ci-devant, une des divisions de IC de 1 en 2; on décrit l'arc EF qu'on a fixé à 60 degrés; par le même moyen on parvient à tracer du point 5 l'arc H1, qui se raccorde avec BI. On a achevé le contour de la spirale du point O pris au milieu de 5M, en décrivant l'arc IK. On voit que tous les centres, à partir de M, forment un hexagone régulier, inscrit dans un cercle dont le rayon est égal à une des divisions de IC. Les côtés de ce polygone prolongés indiqueraient les points où les arcs doivent se raccorder; mais comme ces côtés sont très-petits, l'autre manière est plus sûre.

Pour la spirale qui forme le contour de la marche qui se termine en B, on a d'abord décrit du point M un premier arc *ab*, qui se termine à la ligne MD prolongée. Ayant ensuite porté LB de M en P, on a divisé P*b* en 5 parties, dont on a porté une de M en 7; ensuite du point 7 comme centre, on a décrit l'arc *bc* de 60 degrés. Ayant tiré 7*c*, on a porté de 7 en 8 une partie égale M7, et du point 8 on a décrit un second arc de 60 degrés, de *c* en *d*.

Ayant fait de même 8 9 = 7 M, on a décrit un troisième arc *de* de 60 degrés, et on a tiré 9*e* qui coupe BL prolongé au point 10, duquel on a décrit le dernier arc *e*B, qui, étant aussi de 60 degrés, donne *e* 10 = B 10.

Il ne suffit pas que la volute d'un escalier forme en plan un contour agréable, il faut qu'en élévation elle présente le même avantage. Pour y parvenir, il faut faire le développement de ces arêtes comme on le voit à la Figure 2.

On a commencé par porter sur une ligne droite *ai* le développement de la spirale ACDEFGHI, qui forme l'arête extérieure de la volute; ensuite, après avoir élevé aux extrémités les perpendiculaires A*a* et I*i*, on a tiré l'horizontale BSI pour indiquer la hauteur où doit se terminer le dessus de la volute. Ayant ensuite fait A*a* égale à la hauteur de deux marches, on a tiré la ligne de rampe du limon, qu'on a prolongée jusqu'à la rencontre de l'horizontale BI au point S. Ayant fait AS = ST, des points A et T, on a élevé des perpendiculaires indéfinies aux lignes AS et ST, qui se rencontrent en un point X, duquel, comme centre, on a décrit l'arc de cercle AZT, qui forme le raccordement de la ligne de rampe RA avec la ligne de niveau TI, et le profil de l'arête extérieure développée.

Pour avoir celui de l'arête intérieure, indiqué sur le plan, Figure 1, par BIK, on a porté son développement sur la ligne horizontale BT, Figure 3, de B en K, et on a fait le raccordement AEK, au moyen de deux courbes ou arcs tournés en sens contraire.

Si l'on emploie des arcs de cercle, leurs centres doivent être sur les perpendiculaires KL et AF, aux lignes qu'il s'agit de raccorder. Pour trouver ces centres, 1°. on a tiré la droite AK, sur le milieu de laquelle on a élevé la perpendiculaire indéfinie MN; 2°. on a mené du point K une parallèle AX prolongée, qui rencontre MN au point E, et on a tiré AE; 3°. sur le milieu des droites AE et EK, on élève des perpendiculaires qui rencontrent celles élevées des points A et K des lignes à raccorder, aux points F et H qui sont les centres des arcs de raccordement à décrire avec les rayons AF et KH.

Ensuite, pour avoir la correspondance des courbes de ces arêtes, on a divisé la longueur de la base BT, Figure 2, du développement de la grande courbe AZT en parties égales, desquelles on a élevé des perpendiculaires; et de tous les points où elles coupent cette courbe, on a mené des parallèles à l'horizontale BT, qui rencontrent l'autre courbe AEK, en des points d'où l'on abaisse des verticales qui donnent sur la base BK les divisions à porter sur la courbe en plan BIK, Fig. 1.

De chacun de ces points, et de ceux qui ont servi pour le développement de l'autre courbe, qui sont marqués des mêmes numéros, on a tiré des lignes droites qui indiquent le sens dans lequel il faut conduire la règle sur le dessus du limon pour qu'elle descende de niveau d'une arête à l'autre, jusqu'à la fin de la volute.

ARTICLE II. — DES VOUTES EN CHARPENTE.

Les premières voûtes en charpente furent probablement celles qu'on pratiqua sous des combles élevés, afin d'obtenir, dans certains cas, plus de hauteur à l'intérieur des édifices, sans augmenter au dehors le volume de la masse apparente. L'établissement des voûtes en charpente n'entraînant pas après soi les mêmes dépenses qu'exige celui des voûtes en maçonnerie, on eut recours à ce moyen, toutes les fois que, sans autres dispositions préalables, la forme du cercle fut jugée préférable à la ligne droite pour terminer la coupe d'un vaisseau. Ce procédé fut connu des anciens Romains; mais il paraît, d'après Vitruve, qu'ils n'en faisaient usage que dans les constructions particulières. Nous avons fait connaître, à l'occasion des stucs[1], les détails dans lesquels cet auteur est entré sur la formation des voûtes de ce genre, et nous avons observé, que l'assemblage dont il donne la description ne pouvait jamais produire un ouvrage bien solide, au-delà des dimensions les plus restreintes. Au reste, on ne saurait douter que l'art n'ait eu, chez les anciens, d'autres moyens pour former des surfaces courbes en charpente; et, sans en chercher d'autres preuves, il suffira de rappeler ce quartier de Rome, situé entre le mont Esquilin et la porte Capène, nommé *Carinæ*, dont les toits courbés en forme de carènes présentaient l'apparence de navires renversés.

La grande élévation des combles dont on couvrait autrefois les édifices, et la disposition des pièces dont ils étaient composés, les rendaient très-propres à contenir le galbe extérieur des voûtes, sans qu'il pût en résulter aucun inconvénient pour la solidité d'un bâtiment. Il est vrai que les entraits, et quelquefois les poinçons des maîtresses fermes demeuraient apparens à l'intérieur; c'est ainsi qu'étaient formées les voûtes en charpente dans un grand nombre d'anciennes églises, dont quelques-unes subsistent encore.

Quelquefois aussi, à l'instar des anciens, l'extrados de la voûte formait, en partie, la surface des combles, de manière à figurer exactement la partie inférieure d'un navire, comme dans les combles dits *à l'impériale*, Figure 5, Planche LXXXIII.

Les voûtes pratiquées sous les planchers paraissent avoir été d'une invention plus récente, dans ces temps modernes.

[1] Livre IV, IV Section, Chapitre III.

Si l'on considère les voûtes relativement à leur surface, on peut les diviser en deux classes principales, dont la première comprendrait toutes celles qui sont droites d'un sens et courbes de l'autre, telles que les voûtes cylindriques, coniques, et autres de ce genre.

Dans la seconde classe seraient comprises les voûtes à surface courbe en tous sens.

D'après cette division, toutes les voûtes de la première classe peuvent être composées de pièces droites combinées avec d'autres portant la courbure du cintre. Quant aux voûtes de la seconde classe, elles ne peuvent être formées que par une combinaison de pièces courbes verticales et horizontales.

Pour parvenir à bien faire les voûtes de charpente, il faut connaître la nature des élémens dont elles se composent, soit en lignes droites ou en lignes courbes, ainsi que la manière dont ils se combinent, parce que les pièces de bois qui entrent dans leur composition doivent, autant qu'il est possible, suivre la même disposition; ce qui facilite beaucoup leur exécution et rend les voûtes plus solides.

Voûtes à courbure simple.

Les Figures 1, 2 et 3 de la Planche XCVI, représentent une des fermes des voûtes en berceau pratiquées dans les combles, dont la Figure 4 est le plan commun.

Dans la Figure 1, c'est un cintre gothique pratiqué dans un comble fort élevé. On y a figuré l'entrait A, placé au-devant des maîtresses fermes, comme on le voit dans quelques anciennes églises.

La Figure 2 représente un comble moins élevé, avec une voûte en plein cintre, où l'on pourrait aussi conserver des entraits, ou plutôt des chaînes de fer qui seraient moins apparentes, comme on en voit dans la plupart des églises d'Italie.

La Figure 3 indique une voûte surbaissée dans un toit encore moins élevé.

Dans les plus anciens édifices, le cintre des voûtes est taillé dans les esseliers et les blochets assemblés dans des chevrons portant fermes, comme on le voit indiqué par les Figures 2 et 3. Lorsque c'est une voûte cylindrique comprise entre deux murs parallèles, Fig. 4, il suffit d'une seule épure pour tracer toutes les courbes qui doivent la former, parce que le cintre doit être partout le même.

Si les murs entre lesquels la voûte est comprise ne sont pas parallèles, Figures 8 et 11, son diamètre changera à chaque point, et si l'on veut que la courbe du cintre soit partout un demi-cercle, ce sera une voûte conique, Figures 6, 7 et 8, dont le sommet ou les naissances seront en pente, ce qui ne convient pas toujours; mais alors on peut, en prenant un demi-cercle pour le cintre de la partie la plus étroite, former celui des autres par des demi-ellipses, dont l'axe horizontal augmentera comme les largeurs, tandis que la hauteur sera partout la même que celle du demi-cercle, Figures 9, 10 et 11. M. Frezier désigne cette espèce de voûtes sous le nom de *conicocylindrique*.

Les courbes de la voûte conique ne sont pas difficiles à tracer, puisque sur tous les points les profils intermédiaires donnent des demi-cercles qui ont pour rayon la demi-largeur correspondante, Fig. 7 et 8.

Quant à celles de l'autre voûte, ce sont des ellipses dont on connaît les deux axes, et qui peuvent se tracer par la méthode indiquée au Chapitre Ier. du Livre IIIe., en se servant des foyers; ou par les ordonnées du demi-cercle qui forme le cintre de la partie la plus étroite, comme on le voit indiqué dans la Figure 5.

Il faut remarquer, 1°. que ce moyen de rallongement de courbe, d'après un cintre donné, est le même pour toutes sortes de voûtes, cylindriques, coniques, et en général pour toutes celles formées par des courbes réunies par des lignes droites; 2°. que toutes ces espèces de voûtes devant être composées de courbes posées verticalement, leur formation en charpente consiste à les combiner avec des liernes ou entre-toises qui les réunissent et qui sont toujours droites; le surplus n'étant ordinairement qu'un remplissage formé par un lattis recouvert en plâtre ou en stuc, et très-rarement par des panneaux de menuiserie formant un compartiment avec les courbes; 3°. que chaque courbe étant comprise entre deux plans parallèles, qui forment leur épaisseur, elles peuvent s'assembler sur l'épure, ce qui rend leur exécution très-facile.

Les Figures 12, 13, 14, 18, 19 et 20, sont les coupes de voûtes d'arête et d'arc de cloître sur des plans de même diamètre et de différentes élévations de cintre, Figures 15 et 21.

Pour construire ces voûtes, on commence par les cintres des diagonales AC, BD, qui forment les angles saillans dans les voûtes d'arête, et les angles rentrans dans les voûtes en arc de cloître.

On peut, dans ces deux cas, raccorder ensemble la surface des voûtes avec les arêtes de ces cintres, par des pièces droites ou par des courbes.

Pour les voûtes d'arête, on place contre les murs des courbes formant le cintre des lunettes, dans lesquelles s'assemble un des bouts des pièces droites *d*, *d*, dont l'autre porte dans les cintres en diagonale, Figures 12, 13, 14, 15 et 16.

Pour les voûtes en arc de cloître, les pièces droites *d*, *d* se posent parallèlement aux côtés, et s'assemblent des deux bouts dans les cintres en diagonales, Figures 18, 19, 20, 21 et 22.

Dans les voûtes d'arête, lorsqu'on veut raccorder les arêtes de rencontre sur la diagonale, par des pièces courbes, il faut disposer ces pièces parallèlement aux cintres des lunettes placées contre les murs. La longueur de ces pièces *c*, *c*, sera déterminée sur le plan par les côtés des carrés inscrits entre les diagonales, Figure 15.

Dans les voûtes en arc de cloître, les courbes de raccordement sont des segmens de celles qui se croisent au milieu. Ces courbes s'assemblent par le bas dans une sablière droite *a*, *b* placée le long de chaque mur, à la hauteur des naissances, et par le haut dans les cintres en diagonales, Figures 18, 19, 20, 21 et 23.

D'après tout ce qui a été dit précédemment, il ne peut y avoir que les cintres en diagonales AC, BD, qui présentent quelque difficulté, parce que, sur leur largeur, ils doivent contenir de chaque côté de l'arête du milieu, des parties des lunettes qui se réunissent à la diagonale.

La largeur de ces cintres étant comprise entre deux plans parallèles, on commencera, pour la voûte d'arête, à former, par le moyen d'un calibre relevé sur l'épure, une surface selon la courbe de la diagonale, comme pour former un pan coupé, perpendiculaire à cette diagonale. Cette courbe étant faite et le milieu tracé, on coupera le bas selon l'angle qu'il doit former : ce qui donnera un point *f*, Fig. 24, d'après lequel on tracera avec le même calibre une seconde courbe, qui sera inégalement distante de la première. Ayant ensuite porté les mêmes divisions sur les deux courbes, c'est-à-dire sur celle tracée au milieu de la pièce et la seconde placée sur le devant, on tirera, par les points correspondans, des lignes droites pour abattre le bois à la règle d'une courbe à l'autre : en opérant ainsi on dégagera l'arête saillante de la voûte et une partie des lunettes qui forment cette arête par

leur rencontre. Si cette voûte doit être extradossée, on tracera le dessus avec un calibre, auquel on aura fait porter l'épaisseur de la voûte.

Par le moyen de ces calibres, on pourra former le cintre d'autant de pièces qu'on voudra, assemblées à trait de Jupiter sur l'épaisseur, afin que le bois soit moins tranché et de moindre grosseur.

Pour la voûte d'arc de cloître, on est obligé de creuser l'arête du milieu après avoir formé le pan coupé des arêtes extérieures. Pour avoir la mesure du recreusement, on tracera sur une des faces extérieures, avec le calibre, la courbe du point le plus reculé *f*, Figure 25, où elle doit commencer; ensuite, on tracera des lignes droites pour indiquer dans quelle direction il faut présenter la règle sur chaque face pour le dégagement de l'arête renfoncée. Cette opération demande beaucoup plus de précautions que pour former une arête saillante.

Voûtes à double courbure.

Toutes les voûtes érigées sur des plans circulaires ou elliptiques, quelle que soit la courbure de leur cintre, se composent de courbes qui tendent au centre, assemblées par le bas dans une sablière posée au droit des naissances, et par le haut dans des liernes ou entretoises posées à différentes hauteurs, à la réserve de quatre fermes principales, qui peuvent se croiser ou s'assembler dans un petit poinçon, Pl. XCVII, Fig. 1, 2, 3 et 4.

Le peu d'épaisseur de ces courbes, relativement à la circonférence de la voûte, dispense de creuser leur face, sur ce sens, ainsi que celle des liernes, d'autant plus qu'elles ne sont faites que pour recevoir le lattis pour l'enduit qui doit former la superficie intérieure de la voûte.

Lorsque la voûte est sur un plan elliptique, les courbes changent à chaque point; mais comme ce sont toujours des quarts d'ellipse dont on connaît les deux demi-axes, elles ne sont pas difficiles à décrire, et quelle que soit la courbure du plan, il faut prendre celle qui passe par le milieu de l'épaisseur.

Les courbes les plus difficiles à bien exécuter sont celles qui forment les arêtes des lunettes qui pénètrent une voûte au-dessous de son sommet, comme on peut en pratiquer dans les voûtes en berceau, en arc de cloître sphérique ou annulaire; parce qu'étant à doubles courbures, les pièces de bois qui doivent les former comportent des développe-

mens ou *débillardemens*, dont le tracé exigerait des surfaces préparatoires; et, comme il est important de n'y employer que des bois d'une grosseur convenable, il faut trouver, d'après leur projection en plan et en élévation, le rallongement des courbes que le développement de ces pièces doit donner, afin d'avoir le prisme dans lequel elles peuvent être comprises.

Les Figures 6, 7, 8 et 9 indiquent l'élévation, le plan et le profil d'une lunette en plein cintre, qui pénètre dans une voûte en berceau aussi plein cintre, mais d'un plus grand diamètre.

Pour faire cette lunette en charpente, on suppose une espèce de ferme composée de deux poteaux GHAE, BFKI, Figure 6, inclinés en sens contraire, réunis par une pièce de bois horizontale GLMK, dans laquelle ils sont assemblés; la grosseur de ces pièces est assez considérable pour qu'on puisse y creuser les parties de surfaces courbes qui doivent former l'arête à double courbure de la lunette. Cette disposition est indiquée dans le profil Figure 7, et le plan Figure 9, par les mêmes lettres et les mêmes chiffres, pour mieux indiquer leur correspondance et celle des lignes d'opération.

Les Figures 8, 10 et 11 sont les rallongemens des faces des poteaux sur lesquels on a tracé les courbes pour la formation des surfaces dont la rencontre exprime l'arête à double courbure qu'elles doivent former.

La pièce horizontale qui réunit les deux poteaux inclinés n'est pas difficile à tracer; c'est un prisme qui peut se tailler par le moyen d'un panneau ou calibre, indiqué dans le profil par TREPQ, Figure 7.

Pour former la jouée de la lunette, on recreuse la partie qui y répond, par le moyen d'une courbe, EDF, Figure 6.

Lorsque les lunettes sont trop grandes pour être faites en quatre pièces, on peut les faire en cinq ou en six, assemblées à moitié bois avec entailles et clefs, comme on le voit indiqué par les Fig. 12 et 13.

Pour trouver le rallongement des pièces, on opèrera pour chaque partie comme nous venons de l'expliquer. On formera le polygone inscrit dans l'élévation, le plan et le profil, d'après lesquels on tracera les courbes à appliquer sur chaque pièce.

Ce serait le même procédé pour une lunette biaise, surhaussée ou surbaissée, selon une courbe quelconque.

Si la lunette est pratiquée dans une voûte sphérique ou sphéroïde, il

faut, pour opérer avec plus de précision, attacher aux extrémités des pièces biaises ou inclinées des courbes de pénétration, le panneau de leur projection, comme on le voit indiqué par la Figure 14, ainsi que nous avons déjà eu occasion de le dire dans la Stéréotomie. Quant aux assemblages, ils doivent être faits plutôt pour les pièces de bois carrées dans lesquelles les courbes sont prises, que pour les courbes, surtout les tenons, afin d'être selon le fil du bois.

Voûtes en charpente pratiquées sous les planchers.

Les plus agréables sont celles composées de voussures avec un plafond au milieu, comme on en voit au Louvre. Ce peut être quelquefois un moyen fort ingénieux de soulager la trop grande portée des poutres ou des solives d'un plancher, quelle que soit la forme de leur plan.

Les planchers à voussures conviennent pour les grands appartemens des princes ou salles royales; on peut les décorer de sculpture, de peinture et de dorure.

En donnant à ces voussures une hauteur de cintre proportionnée à leur largeur, on peut les combiner de manière à composer des fermes et des armatures très-solides pour de grands espaces, dans le genre des ponts de charpente, qui seraient revêtues à l'intérieur de courbes, comme l'indique la Figure 15.

Les Figures 16, 17, 18 et 19 représentent les plans et les détails pour un plancher carré et pour un plancher long; celles 20 et 21, pour un plancher circulaire ou elliptique. Ces Figures indiquent la disposition des poutres, des solives, des liernes et des courbes qui doivent les former.

Toutes les courbes des différentes espèces de voûtes dont il vient d'être question, peuvent être faites en planches doublées, dans le genre de celles de Philibert Delorme, dont il sera question ci-après, en supprimant les liernes qui les traversent, qu'on peut mettre alternativement dessus ou dessous, comme on le voit exprimé par la Fig. 3.

Mais des cintres formés de plusieurs pièces courbées, réunies en faisceaux, comme on en voit dans quelques ponts de la Suisse, combinés avec la charpente des combles, conviendraient mieux pour des voûtes d'une grande ouverture.

ARTICLE III. — DES PONTS DE CHARPENTE.

On peut considérer les ponts de bois comme de forts planchers construits en travers des rivières pour communiquer d'un rivage à l'autre, et servir à réunir des chemins ou de grandes routes. Les premiers ont sans doute été formés de poutres soutenues à leurs extrémités par des piles et des culées en maçonnerie ou en charpente.

Parmi les ponts de bois construits par les anciens, les plus dignes d'être cités sont : 1°. le pont Sublicius, à Rome ; 2°. le pont que César fit construire sur le Rhin, pour faire passer son armée ; 3°. celui construit sur le Danube, par Trajan, et dont la figure se trouve sur la colonne Trajane.

Pont Sublicius.

Ce pont fut construit sous le règne d'Ancus Marcius, quatrième roi de Rome, pour remplacer celui qu'on éprouva tant de peine à rompre pendant qu'Horatius Coclès en défendait le passage. Pline [1] et d'autres historiens rapportent comme un fait digne de remarque que, pour éviter à l'avenir de pareilles difficultés, le nouveau pont avait été construit de manière à pouvoir se démonter et se remonter au besoin, et qu'il n'y fut employé aucun ferrement pour relier les pièces de bois qui entraient dans sa construction. On prétend que le nom de *Sublicius* lui fut donné du mot latin *sublica*, qui signifie un pieu, en raison du grand nombre de pieux sur lesquels il était établi. D'après ces indications, ce pont semblerait offrir, quant aux moyens d'exécution, une grande analogie avec ceux dits de *hallage*, ainsi qu'avec les ponts de service établis pour le transport des matériaux dans la construction des ponts de pierre. Dans la Figure 1 de la Planche XCVIII, nous avons essayé de donner une idée des procédés dont on fit usage, et de l'aspect que pouvait présenter cet édifice.

[1] Enfin, c'est à Cysique qu'est le Buleuterion, grand édifice servant aux assemblées du conseil, où toute la charpente s'enlève et se remet en place, sans aucun clou ; car le fer n'en peut pas approcher. Le même scrupule a lieu à Rome à l'égard du pont Sublicius, depuis qu'on eut éprouvé beaucoup de peine à le rompre, lorsqu'Horatius Coclès en défendait le passage. (Histoire Naturelle de Pline, Livre XXXVI, Chapitre 15.)

Pont de César, sur le Rhin[1].

La construction de ce pont, si bien décrite par l'auteur, au Livre IV. de ses Commentaires, n'est pas moins remarquable pour la hardiesse de l'entreprise, que par le choix des procédés qu'on mit en œuvre pour son exécution : aussi cette ingénieuse composition a-t-elle été citée comme exemple dans les ouvrages des architectes les plus célèbres. Voici comment ce savant capitaine explique son propre ouvrage :

« [2] L'esprit vivement sollicité par d'aussi puissantes considérations, » César résolut de faire franchir le Rhin à son armée. Cependant, outre » que des bateaux n'offraient pas assez de sûreté pour opérer un pareil » trajet, ce secours lui semblait encore également indigne de sa gloire » et de l'honneur du nom romain. Mais, d'un autre côté, l'établisse- » ment d'un pont présentait de grandes difficultés, eu égard à la lar- » geur du fleuve, à sa profondeur et à la rapidité de son cours. Il per- » sista néanmoins à considérer ce moyen comme la seule voie qu'on » dût s'ouvrir dans cette circonstance; et le pont fut exécuté de la ma- » nière suivante, d'après l'idée même qu'il en avait conçue.

» On assembla par couples des pièces de bois d'un pied et demi de » grosseur, affilées en pointe par le pied, et d'une longueur propor- » tionnée à la hauteur de la rivière, en laissant entre elles 2 pieds d'in- » tervalle. Ces pièces ainsi réunies, au moyen d'un appareil conve- » nable, on les descendait dans l'eau, non dans une direction verticale, » comme celle des pieux ordinaires, mais en les inclinant dans le sens » du courant, et on les enfonçait dans cette situation. Un pareil assem-

[1] Ce pont fut construit presqu'à l'embouchure du Rhin dans la mer, à peu près entre Emmerik et Wesel; peut-être même à l'endroit où est située la première ville, ce qui paraîtrait assez vraisemblable relativement à la position qu'avait alors le camp de César, lorsqu'il poursuivait les *Tenctères* et les *Usipiens*. Sa longueur devait être de 5 à 600 mètres.

[2] Cæsar his de caussis, quas commemoravi, Rhenum transire decreverat : sed navibus transire neque satis tutum esse arbitrabatur, neque suæ, neque populi Romani dignitatis esse statuebat. Itaque, etsi summa difficultas faciundi pontis proponebatur, propter latitudinem, rapiditatem, altitudinemque fluminis; tamen id sibi contendendum, aut aliter non transducendum exercitum existimabat. Rationem igitur pontis hanc instituit.

Tigna bina sesquipedalia paullum ab imo præacuta, dimensa ad altitudinem fluminis, intervallo pedum duorum inter se jungebat. Hæc cum machinationibus demissa in flumen defixerat, fistucisque adegerat, non sublicæ modo directa ad perpendiculum, sed prona,

» blage, dirigé en sens contraire, était ensuite fixé de la même manière » à 40 pieds au-dessous du premier. Ces doubles pièces, ainsi disposées, » recevaient à leur extrémité une poutre de 2 pieds de grosseur, qui » remplissait le vide, de même mesure, qui existait entre elles, et s'y » trouvait maintenue de chaque bout par de doubles liens. Cette ar- » mature, composée de pièces inclinées en sens contraire, fortement » réunies entre elles, formait naturellement un ensemble très-solide; » car telle est la propriété de cette disposition, qu'ici la violence du cou- » rant ajoutait encore à sa fermeté, en exerçant une forte pression » sur tous les assemblages.

» Après qu'on eut établi un certain nombre d'ouvrages semblables, » à distances égales, entre les deux rives, on forma dessus un plancher » continu, composé de solives recouvertes de fascines. Indépendam- » ment de ces dispositions, on avait planté en aval du pont des pieux » inclinés comme les pièces derrière lesquelles ils se trouvaient placés, » et qui, liés avec le reste de l'ouvrage, formaient un tout capable de » résister à la plus grande impétuosité du courant.

» On en fit autant du côté d'amont, afin d'amortir l'effet des arbres » et des bateaux que les ennemis auraient pu envoyer par le courant » du fleuve, afin de renverser le pont, et le mettre, par-là, à l'abri de » leurs entreprises.

» Le dixième jour après qu'on eut coupé et rassemblé tous les bois » nécessaires, l'ouvrage étant entièrement terminé, l'armée effectua » son passage. »

ac fastigiata, ut secundum naturam fluminis procumberent. His item contraria duo ad eumdem modum juncta, intervallo pedum quadragenûm ab inferiore parte contra vim atque impetum fluminis conversa statuebat : hæc utraque bipedalibus trabibus immissis, quantum eorum tignorum junctura distabat, binis utrimque fibulis ab extrema parte distinebantur : quibus disclusis, atque in contrariam partem revinctis, tanta erat operis firmitudo, atque ea rerum natura, ut, quo major vis aquæ se incitavisset, hoc arctius illigata tenerentur.

Hæc directa materia injecta contexebantur, ac longuriis cratibusque consternebantur : ac nihilo secius sublicæ ad inferiorem partem fluminis obliquæ adigebantur ; quæ, pro pariete subjectæ, et cum omni opere conjunctæ, vim fluminis exciperent : et alia item supra pontem mediocri spatio : ut, si arborum trunci, sive naves, dejiciendi operis caussa, essent à barbaris missæ, his defensoribus earum rerum vis minueretur, neu ponti nocerent.

Diebus x, quibus materia cœpta erat comportari, omni opere effecto, exercitus traducitur.

Les variantes légères que présentent entre elles les Figures construites par divers auteurs, d'après cette description, témoignent assez de son exactitude. Alberti, par exemple, n'arrête les poutres avec les doubles pieux que par des liens de corde, moyen qui nous paraît insuffisant; nous pensons que, par les mots du texte *binis fibulis*, il faut plutôt entendre deux boulons que deux liens de cordage.

Palladio fixe les poutres avec les doubles pieux par de petites moises assemblées à moitié bois, ainsi qu'on le voit dans la Figure 2; mais ce moyen, qui est fort ingénieux, ne présente pas une solidité suffisante; ces moises n'auraient pas été assez fortes pour résister à l'effort qu'elles devaient soutenir : nous ne croyons pas que ce puisse être ce que l'auteur des Commentaires exprime par *binis fibulis*.

Scamozzi, indépendamment des entretoises qui réunissent les pieux et qui soutiennent les poutres, ajoute de doubles liens de cordages. Après un nouvel examen, ce sujet nous a paru susceptible de modifications plus importantes, au moyen desquelles l'ensemble pouvait offrir une idée plus satisfaisante de cet important ouvrage. C'est ce que mon fils a essayé de réaliser dans la Figure 3 de la même Planche. Cette Figure diffère de celle que j'avais donnée dans la première édition de cet ouvrage, et qui avait paru à M. Gauthey la plus vraisemblable de celles proposées jusqu'alors par différens architectes; elle est gravée sous le N°. 4, Planche II du 2e. volume de son Traité des ponts.

Pont de Trajan, sur le Danube.

De tous les renseignemens qui nous restent sur la construction de cet ouvrage célèbre, le bas-relief qui le représente sur la colonne Trajane, passe aux yeux des savans pour être le plus exact et le plus fidèle. On voit, Figure 1, Planche XCIX, qu'il est composé d'arches en bois, élevées sur des piles en pierre de taille. La disposition des pièces de bois qui forment la charpente de ce pont est combinée de la manière la plus avantageuse pour faire un pont solide et durable. Le cintre des arches est formé par trois rangs de courbes concentriques réunies par des moises. Les parties au-dessus des piles en pierre sont composées de deux espèces de chevalets, dans lesquels s'assemblent les courbes. Les solives qui forment le plancher du pont sont en travers et posent sur une sablière générale qui termine la charpente des arcs et des

piles. Le garde-fou est composé de poteaux à plomb, réunis par des croix de Saint-André et par deux sablières, dont une forme appui.

La disposition des bois, dans cette combinaison, nous montre l'art de la charpente, chez les anciens, dans un état beaucoup plus avancé qu'on n'aurait pu le croire; et si l'on devait ajouter foi à la description que Dion en a faite, relativement à la grandeur des arches (170 pieds), on serait conduit à reconnaître que, dans son état actuel, cet art est à peine remonté au degré de perfection qu'il avait atteint à cette époque. L'artiste, à qui nous devons la conservation de ce précieux monument, mérite la plus grande confiance, par les détails circonstanciés qu'il donne sur l'ensemble de sa composition. On pourrait seulement douter de l'exactitude de la figure des doubles chevalets placés au-dessus des piles pour recevoir la retombée des arcs : nous avons indiqué sur le pilier A la correction dont cette partie nous a paru susceptible.

Ponts de bois de Palladio.

Cet architecte célèbre donne quelques dessins de ponts en charpente, fort bien combinés, dont plusieurs sont d'une seule arche.

La Figure 1 de la Planche C, représente l'élévation latérale du pont de Bassano, dont la largeur est de 26 pieds; sa longueur est divisée en cinq arches de chacune 34 pieds 6 pouces; elles sont séparées par des piles formées d'une seule file de pieux, avec avant et arrière-bec, comme on le voit indiqué par le plan, Figure 3. Ces pieux, qui sont au nombre de huit, ont 30 pieds de haut; sur 1 pied et demi de grosseur, éloignés l'un de l'autre de 2 pieds; ils sont recouverts par le bas avec des madriers; par le haut, ils sont entretenus par deux rangs de moises. Au-dessus de celle du haut et à plomb de chaque pieu, sont posées de grandes poutres qui vont d'une pile à l'autre. Ces poutres sont soutenues dans leur portée par des contre-fiches ou liens E, inclinés en sens contraire, qui butent par le haut contre une pièce qui double les poutres dans le milieu. La longueur de ces pièces G est égale à la moitié de la distance comprise entre les piles; les liens sont inclinés à 45 degrés.

Ces espèces d'armatures, placées sous chaque poutre, procurent au pont une égale solidité dans toute sa largeur. Le plancher de ce pont est formé par des solives posées en travers, recouvertes avec des

madriers cloués sur les solives dans le sens de la longueur. La Figure 2 fait voir la coupe de ce pont sur la largeur avec le profil des avant et arrière-becs.

Cette combinaison simple et régulière a toute la solidité nécessaire pour des arches ou travées de 30 à 36 pieds de largeur; elle a été imitée avec succès pour plusieurs ponts modernes dont les arches sont de cette grandeur.

Le dessus du pont de Bassano forme une galerie couverte soutenue par des colonnes, ainsi qu'on le voit représenté par les Figures 1 et 2[1].

La Figure 4 représente un pont d'une seule arche, exécuté par un maître charpentier, nommé Martino, de Bergame, sur un torrent appelé *Cismone*, au pied des Alpes, entre les villes de Trente et de Bassano. Il est divisé dans sa longueur, qui est de près de 17 toises ou 102 pieds, en six travées égales, par six poutrelles D, Figure 5, de 12 pouces de grosseur, disposées selon la largeur du pont; ces pièces, qui paraissent suspendues en l'air, portent les solives placées selon la longueur, pour former, avec les madriers cloués en travers par-dessus, le plancher du pont. Cette combinaison, qui semble d'une hardiesse merveilleuse, est cependant très-solidement maintenue par les armatures de charpente qui forment les côtés extérieurs du pont.

Ces armatures sont composées chacune de trois grandes pièces de bois, dont deux B, B, inclinées en sens contraire, soutiennent celle du milieu A, Figure 4. L'intérieur est fortifié par trois petites fermes qui ont pour entrait les sablières des deux côtés extérieurs du pont, selon sa longueur. Ces fermes, ainsi que la grande armature, soutiennent des poinçons C, auxquels sont suspendues les poutrelles qui divisent la longueur du pont en six travées, au moyen de tirans en fer solidement arrêtés aux extrémités de chacune de ces poutrelles.

[1] Les Figures 1, 2 et 3 de la Planche CI représentent l'élévation latérale, le plan et la coupe d'un pont couvert à l'imitation de celui de Palladio. Il devait être placé sur la Seine, à Paris, à la place du pont des Arts; il comprend dans sa longueur trois arches ou travées de chacune 10 toises d'ouverture, élevées sur des piles en pierre; sa largeur, qui est de 26 pieds, comme celle du pont de Bassano, est soutenue par cinq fermes, dont deux doubles formant les faces extérieures, à cause du poids de la couverture et des arcades qu'elles soutiennent. La charpente de ce pont, qui m'avait été demandé par une compagnie, est combinée assez solidement pour le passage des voitures. Les contre-fiches ou arbalêtriers, qui se prolongent en dessus, augmentent beaucoup la force de l'assemblage des fermes.

Il est bon d'observer que ces armatures, formant parapets, sont capables de soutenir un poids considérable sans fléchir, tant par leur hauteur, qui est d'environ 15 pieds, que par la disposition des pièces, solidement assemblées les unes avec les autres, et formant partout des triangles qui ne sont pas susceptibles de changer de forme.

Les Figures 6 et 7 présentent une autre combinaison du même système d'armature, appliqué par notre auteur à un pont du même genre. Ce pont est soutenu, comme le précédent, par les armatures de charpente qui forment les deux fermes de rive. Sa longueur est divisée en huit travées par des poutres transversales D, D, suspendues par leurs extrémités avec des étriers de fer à des poinçons C, C, assemblés par le haut avec des pièces de niveau parallèles à la sablière du bas. Celui du milieu est arcbouté par deux contre-fiches E, E, et les autres par une seule contre-fiche parallèle à celle qui contre-bute le poinçon du milieu du même côté.

Cette combinaison ne forme pas une armature aussi solide que la précédente. La partie du milieu est beaucoup trop longue pour les contre-fiches des extrémités : c'est probablement pour obvier à cet inconvénient, qu'il propose de doubler les sablières du bas, en sorte que les premières travées F contiennent quatre largeurs; les secondes G trois largeurs, et les troisièmes H deux, tandis que les deux travées du milieu I n'ont qu'une largeur; cependant ce serait celles qui auraient le plus besoin d'être fortifiées. Dans tous les cas, ce renfort serait beaucoup mieux appliqué en hauteur qu'en largeur, comme nous l'avons indiqué dans la partie marquée B.

La Figure 8 donne un autre dessin de Palladio; les armatures forment en dessus une partie de polygone à cinq côtés, avec quatre poinçons contre-ventés par de doubles contre-fiches en croix de Saint-André; les pièces B formant les côtés extrêmes des polygones sont doublées. De plus, les premières travées sont soutenues en dessous par des contre-fiches. Les poutres transversales sont suspendues aux poinçons par des étriers de fer comme celles des exemples précédens.

Le même architecte propose encore une autre combinaison de charpente appropriée à la construction des ponts, représentée par la Fig. 9; ici les armatures des parapets forment une espèce de voûte ou de cintre composé de voussoirs en bois divisés par les poinçons, reliés par de

doubles contre-fiches en croix de Saint-André, les sablières, et les pièces de dessus formant appuis. Les poutrelles qui soutiennent le plancher du pont sont suspendues aux poinçons par des étriers ou tirans de fer comme dans les exemples précédens. Ces poutrelles, à largeur égale entre les rives, peuvent être moins grosses, ainsi que les solives, la longueur du pont étant divisée en onze travées. Le parapet, qui a pour hauteur la longueur d'une de ces travées, est aussi moins élevé.

Il faut remarquer que dans la Figure 4, la hauteur du parapet est environ le [illegible] de la longueur du pont entre les culées; que dans la Figure 6 elle est le [illegible]; dans la Figure 8 le [illegible], et dans la Figure 9, moins du [illegible].

La disposition représentée par la Figure 8 est celle qui me paraît la plus solide et la mieux combinée; celle représentée par la Figure 6 est la moins solide. Quant à la Figure 9, elle a plus de solidité apparente que réelle, parce qu'elle présente une combinaison plus susceptible de varier dans ses assemblages, à cause de la compression, de l'élasticité et du dessèchement auxquels les bois sont sujets. De plus, les fardeaux mobiles tendent, en montant et en descendant, à comprimer alternativement la partie où ils se trouvent, et à faire relever celle opposée. Ce mouvement détruit, avec le temps, la fermeté des assemblages. La combinaison de la Figure 8 réunit à l'avantage que peut procurer un arc de cercle, celui d'un plancher en ligne droite. En reliant les sablières du parapet avec l'entrait, cet assemblage forme un polygone qui est retenu par sa corde, de manière à ne pas pouvoir changer de forme et à conserver plus de fermeté dans toutes ses parties.

Il est presque inutile d'observer que les quatre combinaisons dont il vient d'être question, ne peuvent convenir que pour des ponts de 12 à 15 pieds de largeur. Ceux au-dessus exigeraient des fermes intermédiaires pour soutenir la portée des poutres transversales.

Pont sur la Kandel, en Suisse. (Planche CII.)

Ce pont, d'une seule arche, construit en bois de sapin, dans les environs de Berne, en 1764, par un maître charpentier nommé Ritter, a 26 toises de longueur, entre les deux culées, sur 2 toises et demie de largeur. Il est établi entre deux berges fort élevées au-dessus de la rivière, ce qui a procuré l'avantage de pouvoir le fortifier en dessous par

de grandes contre-fiches C, Fig. 1, qui vont jusqu'au milieu du pont, où elles se réunissent à une pièce qui double cette partie, et par d'autres D, qui se prolongent jusque sous les sablières qui portent le comble de la galerie. Ces contre-fiches sont entretenues par de doubles moises pendantes qui montent aussi jusque sous la sablière du comble, et par des croix de Saint-André qui relient celles d'un côté avec celles de l'autre. Elles posent par le bas sur des retraites pratiquées sur la face des culées.

Le plancher va en pente de chaque côté jusqu'aux deux travées du milieu, où il est relevé de 3 pieds un quart au-dessus des extrémités. Les armatures qui forment les côtés et le toit suivent la même direction. Cette disposition contribue encore à augmenter leur résistance et la solidité du pont.

Les autres parties de la construction sont suffisamment expliquées par les Figures 2 et 3, et par les détails qui les accompagnent.

Il est presque inutile de remarquer ici, que dans cet endroit la nature des localités présentait pour l'établissement d'un pont d'une seule arche, des facilités dont l'auteur a su profiter avec beaucoup d'habileté. Au reste, il parait probable que l'économie aura décidé seule, dans ce cas, de la largeur du passage; car rien n'eût été plus facile que de l'augmenter au moyen de quelques modifications dans la disposition des contre-fiches.

Il résulte des exemples que nous venons de citer, qu'il y a deux moyens principaux de fortifier le plancher d'un pont : l'un en plaçant les armatures en dessus, et l'autre en les plaçant dessous.

Dans le premier cas, comme les armatures ne peuvent être placées qu'aux deux côtés du pont, pour laisser le chemin libre dans le milieu, sa largeur se trouve naturellement très-bornée.

Dans l'autre cas, comme on peut, sans aucun inconvénient, multiplier le nombre des armatures, les ponts peuvent avoir à la fois la largeur et la force que l'on peut désirer.

La disposition des lieux, jointe à un concours de circonstances extraordinaires, ont quelquefois nécessité l'emploi des deux moyens réunis, comme l'ont pratiqué, avec tant de succès, les frères Jean Ulric et Jean Grubenmann, charpentiers, de Teuffen, au canton d'Appenzell, pour l'établissement du pont de Wettingen dont nous allons donner la description.

Pont de Wettingen.

Ce pont, encore plus étonnant que celui de Schaffouse, dit M. Chrétien de Mechel [1] (auteur de la description qu'on va lire), pour la hardiesse et la solidité de sa construction, était cependant moins célèbre, soit qu'il fût moins connu, soit que le premier eût, pour ainsi dire, absorbé l'admiration. Il avait 366 pieds de longueur, sans autre support quelconque que les culées sur lesquelles il appuyait [2].

Nous pensons, avec l'auteur, que la destruction de ces ponts serait une perte irréparable pour le bien public en général, et pour l'art de la charpente en particulier, si l'on n'en eût conservé avec soin les plans et les détails, dont la connaissance ne saurait être trop répandue [3].

« La Figure 1, Planche CIII, représente l'élévation du pont dans sa » longueur. La partie A offre l'extérieur du toit avec sa couverture; et » la partie B l'intérieur du toit, ou la charpente qui porte la cou- » verture. — La Figure 2 est l'élévation du pont dans sa largeur, ou » l'assemblage de la première ferme C. — La Figure 3 est la coupe du » pont dans sa largeur à la cinquième ferme D. — La Figure 4 repré- » sente dans sa moitié E la partie supérieure de la onzième ferme E, » et dans sa moitié F la partie supérieure de la septième ferme F. » — La Figure 5 fait voir l'assemblage de la demi-ferme G, laquelle » sert de clef à l'espèce de cintre que forme la charpente du pont. — La » Figure 6 représente le plan ou l'assemblage de la charpente du premier

[1] *Voyez* l'ouvrage intitulé : *Plans, coupes et élévations de trois ponts de bois, les plus remarquables de la Suisse*, accompagnés chacun d'une description détaillée; publié d'après les dessins originaux, par Chrétien de Mechel, graveur. Bâle, 1803.

[2] On a vu à Paris, en 1772, le modèle d'un pont de charpente combiné dans le même système que ceux de Schaffouse et de Wettingen, projeté pour la rivière de Dery, et dont les dimensions devaient être encore plus considérables. Ce pont, composé de deux arches, était formé par trois rangées de fermes, et devait avoir 900 pieds de longueur sur 45 pieds de large. Le modèle avait été exécuté avec une rare perfection pour milord Hervey, par le sieur Claus, maître charpentier. Ce projet a été gravé par Le Rouge, en 1773.

[3] Ce pont a malheureusement été détruit, ainsi que celui de Schaffouse, dans la guerre de 1799. Il était situé sur la Limmat, près de l'abbaye de Wettingen, et aboutissait de la route de Bade à Zurich. Il avait été construit dans les années 1777 et 1778, par Jean Ulric et Jean Grubenmann, de Teuffen, au canton d'Appenzell simples *charpentiers de village*.

» plancher à rez-de-chaussée. — La Figure 7 offre une partie du plan » de la charpente du second plancher ou plancher supérieur dans la » moitié de sa largeur, avec le détail des différentes pièces qui soutiennent le comble. — La Figure 8 est la moitié en largeur de la charpente » qui porte la couverture de la partie horizontale du comble comprise » entre la clef G et la ferme D. — Enfin la Figure 9 présente le faîte et » la manière dont il est assemblé et soutenu.

» On voit par la Figure 1 que ce pont a vingt-quatre fermes *a*, placées à 15 pieds de distance l'une de l'autre. Les poteaux *a* de ces » fermes sont composés de deux jumelles de bois de chêne *aa*, Fig. 2. » 3 et 4, couplées ensemble et qui embrassent et contiennent la poutre » latérale inférieure H, la poutre supérieure I, les grands arbalétriers K, et les contre-fiches *bcde*. Les entraits inférieurs *f*, Figures 2 et 3, sont assemblés à deux tenons et mortaises avec les » poteaux *a*, et y sont fixés et attachés par des fers *g*, qui ont un » écrou à l'une de leurs extrémités, et qui sont aplatis et cloués sur » l'entrait à l'autre bout. Les poteaux *a* sont pareillement assemblés et » liés par des fers et des écrous avec l'entrait supérieur *h*, et le tirant *i*.

» La première ferme C, Fig. 1 et 2, repose sur un fort sommier de » chêne L avec lequel elle est assemblée et qui est placé sur les culées M » du pont. Ces culées doivent être très-fortes, et construites très-solidement en maçonnerie, attendu qu'elles soutiennent toute la charge » et la poussée de la charpente, de sorte que, si elles venaient à manquer, leur éboulement entraînerait la chute et la destruction de tout » le pont.

» Les grandes poutres H et I, Figures 1 et 3, et les grands arbalétriers K sont formés de la même manière que les grosses poutres » latérales du pont de Schaffhouse, c'est-à-dire de plusieurs pièces entées à leurs extrémités et assemblées en crémaillère dans leur longueur, serrées l'une contre l'autre par des coins, et liées ensemble » par des fers à vis et écrous *k*; ces poutres sont de plus affermies par » les poteaux *a* auxquels elles sont attachées par des écrous *k*.

» La poutre inférieure H est soutenue par des contre-fiches *b* et *c*, » Figures 1, 2 et 3. La contre-fiche *b* est composée de plusieurs pièces » entées et assemblées en crémaillère et liées ensemble par des fers à » vis et écrous *k*; l'assemblage de cette contre-fiche lui donne assez de » force pour ne pas céder, et pour obliger la poutre qu'elle soutient à

» garder son niveau; en effet, cette poutre étant fermement arrêtée » en *m* et embrévée dans les poteaux *a* et dans l'entrait *f*, la contre-» fiche *b*, au lieu de céder à un excès de pression, la forcerait plutôt » à s'élever qu'à s'abaisser; mais cela ne peut avoir lieu, la poutre » étant retenue et arrêtée par les poteaux des fermes dans lesquels elle » passe. Les contre-fiches *b* et *c* sont aussi affermies très-solidement » par les poteaux qu'elles rencontrent, et dans lesquels elles sont em-» brévées, de sorte qu'elles ne peuvent ni céder ni plier

» Comme c'est de la poutre supérieure I que dépend toute la soli-» dité du pont, on lui a donné beaucoup plus de force qu'à la poutre » inférieure H, Figures 1 et 3; on l'a en outre soutenue par des contre-» fiches *d* et *e*, qui passent dans les poteaux des fermes qu'elles ren-» contrent, et qui y sont fixées par des fers à vis et écrous *k*; et pour » augmenter la force des contre-fiches *d*, on les a formées de plusieurs » pièces entées et assemblées comme celles de la contre-fiche *b*. L'on a » eu attention aussi d'assembler les extrémités des contre-fiches en about » avec les pièces où elles aboutissent, ou de les faire reposer sur de fortes » chantignoles *n*, lesquelles doivent être crémaillées avec les pièces où » elles sont posées, et serrées par des boulons de fer à écrous *k*.

» Au-dessus de la poutre supérieure I, Figure 1, sont deux forts » arbalétriers K, qui appuient leurs extrémités inférieures sur cette » poutre en N, où ils sont arrêtés par de fortes chantignoles *n*; leurs » extrémités supérieures sont assemblées avec la demi-ferme G qui » leur sert de clef; ils sont en outre soutenus par les jambes de force *o* et » par les contre-fiches *p* qui aboutissent à l'entrait *q*, ainsi qu'à sa se-» melle *r*. Ces arbalétriers K sont de plus solidement liés avec la » poutre I par de forts boulons de fer *s* à écrous *k*.

» Il est évident que la poutre I ne peut prendre du bouge (courbure) » étant considérablement fortifiée, tant par les arbalétriers K qu'elle » supporte, et avec lesquels elle est fortement liée par les barres de » fer *s*, que par les contre-fiches *d* et *e* qui la soutiennent et l'empê-» chent de plier ou de céder, et qui s'appuient sur la poutre H, la-» quelle se trouve aussi fortement soutenue par les contre-fiches *b* et *c*. » Ainsi, toute la charpente de ce pont équivaut à un arc de cercle dont » les naissances poseraient sur les culées M, et dont le milieu ne pour-» rait qu'augmenter en force et en solidité, à proportion du poids » qu'il aurait à porter.

» La poutre inférieure H étant solidement assemblée et soutenue par » les contre-fiches *b* et *c*, et liée avec la grosse poutre supérieure I par » les poteaux *a* des fermes, ne peut prendre du bouge sans faire plier » la poutre I, ce qui est impossible; car elle en est empêchée par la » force des arbalétriers K, avec lesquels elle est liée et assemblée. » Ainsi, cette poutre H est capable de porter les plus fortes charges » sans que la solidité du pont en puisse être altérée.

» La Figure 2, qui offre l'assemblage de la première ferme C, fait » voir que les jumelles qui forment les poteaux *a* sont liées par des » fers à écrous *k*, et que ces poteaux sont affermis avec le tirant *i* et » les entraits *f* et *h*, par des boulons de fer *g* qui ont un écrou à l'une » de leurs extrémités, et qui sont aplatis et cloués à l'autre extrémité » sur les entraits *f* et *h*. La lettre *t* indique l'endroit où les contre- » fiches *b* et *c* s'appuient contre les poteaux *a*. La lettre L représente » le fort sommier de chêne sur lequel porte toute la charpente du » pont.

» La Figure 3 fait voir comment les poteaux *a*, le tirant *i* et les en- » traits *f* et *h* sont assemblés et liés ensemble; on y voit la manière » dont les poteaux *a* embrassent et retiennent les grandes poutres H » et I, les contre-fiches *b*, *d*, *e*, et comment ces pièces sont liées et » affermies ensemble par des boulons de fer avec leurs écrous *k*; on y » voit de plus, qu'au milieu des tirans *i* qui sont au-dessus des entraits » supérieurs *h* est un poinçon *l*, formé de deux jumelles liées par des » boulons de fer à écrous *k*; qu'entre ces jumelles ou dans ces poteaux *l* » passent, la sablière P, le faîte Q et les contre-fiches *v* et *w* qui le sou- » tiennent, et que ces poinçons sont maintenus dans leur aplomb » par de petites contre-fiches *u*.

» La Figure 4 offre dans sa moitié E l'assemblage de la charpente du » comble correspondant à la onzième ferme E; on y voit comment les » contre-fiches *p* et l'arbalétrier K passent à travers les poteaux *a* des » fermes et y sont attachés par des boulons de fer à écrous *k*. L'autre » moitié F de cette quatrième Figure représente le profil de la partie » de l'assemblage de la charpente correspondant à la septième ferme F, » et indique la manière dont l'arbalétrier K, la contre-fiche *p*, la pou- » tre I et la chantignole *n* sont assemblés avec les poteaux des fermes, » et y sont fixés et serrés par des boulons de fer à écrous *k*.

» La Figure 5 représente la demi-ferme G qui sert de clef aux arba-

» létriers K; l'on y voit comment ces arbalétriers, les entraits *q* et *x* et » la grande poutre I s'assemblent dans les jumelles *y*, et y sont fixés et » arrêtés par les fers à écrous *k*. La lettre Q indique le faite, et P la » sablière sur laquelle les pièces qui le supportent sont assemblées. On » voit en outre, que pour empêcher l'écartement des poteaux qui for- » ment ces jumelles *y*, ils sont contenus par un tirant *z* et par des » liens *ss* posés en losange, et qui y sont assemblés à queue d'aronde.

» On voit par les Figures 2, 3 et 4 les profils que forme le comble » aux points correspondans à la première, à la cinquième, à la sep- » tième et à la onzième fermes, et que le faite du comble se trouve de » niveau dans son milieu avec la clef G.

» La Figure 6 fait voir l'assemblage de la charpente du plancher inté- » rieur à rez-de-chaussée. Cet assemblage est composé de solives *v* po- » sées en losanges, et dont les extrémités sont embrévées dans les » poutres H; elles posent sur les entraits *f* des fermes et sur des lam- » bourdes ζ placées entre chaque ferme; ces lambourdes sont soute- » nues et liées à la poutre H par des étriers de fer à écrous *v*, Figure 1. » La lettre ϙ indique les endroits où les contre-fiches *d* et e sont assem- » blées sur la partie supérieure de la poutre H, et *σ* indique ceux où » aboutissent les contre-fiches *b* et c, au-dessous de la même poutre.

» La Figure 7, qui représente une partie de la charpente du plancher » supérieur dans la moitié de sa largeur, fait voir que l'assemblage de » cette charpente est aussi composé de soliveaux ϭ posés en losanges, » et dont les extrémités sont assemblées à queue d'aronde avec la » poutre I. La lettre *i* indique les tirans, P la sablière, et *s* la panne » de brisis.

» La Figure 8 représente la partie de la charpente supérieure du » comble, comprise entre la demi-ferme G et la ferme D, c'est-à-dire, » la charpente qui porte la partie horizontale de la couverture; car » l'on voit, par les Figures 1 et 5, que le toit est horizontal au-dessus de » la demi-ferme G, et que le dos d'âne ne commence à être sensible » qu'au milieu du tirant de la ferme suivante, et qu'il va en augmen- » tant de G en D, tandis que la partie horizontale va en diminuant, » comme on le voit aussi par les profils du comble des fermes E et F, » Fig. 4. Ainsi, dans cette Figure 8, les pièces qui correspondent aux » fermes sont la moitié des tirans de ces mêmes fermes, et celles qui se » trouvent entre ces tirans et se raccourcissent de G en D, sont des

» chevrons posés horizontalement, lesquels correspondent aux chevrons inclinés qui forment le dos d'âne.

» La Figure 9 représente l'assemblage de la charpente qui forme le » milieu du comble dans toute sa longueur, c'est-à-dire la partie qui » soutient le faîte. On voit que ce faîte Q, les contre-fiches *v* et la sablière P sont composés de plusieurs pièces, entées et assemblées en » crémaillère, et liées ensemble par des fers à écrous *k*. Le faîte Q, » la sablière P et les contre-fiches *v* et *w* passent à travers les poinçons λ, Figure 3, où ils sont fixés et liés par des boulons de fer » à écrous; il en est de même de la semelle *n*, du faîte Q. On voit en » outre que le faîte Q et les contre-fiches *v* et *w* qui le soutiennent, » forment aussi une espèce d'arc de cercle qui renforce considérablement le comble, et soulage la charpente inférieure qui le supporte. » Les contre-fiches *v*, retenues et arrêtées à leurs extrémités inférieures » par une forte chantignole *n*, sont assemblées en about, à leur partie » supérieure, avec la semelle *n*; les contre-fiches *w* sont assemblées à » renforts avec la sablière P, et y sont de plus arrêtées et fixées par » des boulons à écrous *k*, et leurs extrémités supérieures sont arrêtées et fixées par des chantignoles *n* attachées au faîte Q par des » boulons de fer et serrées avec des écrous *k*.

» Il est facile de concevoir que tout l'artifice de la construction de » ce pont consiste en ce que plus les poutres qui portaient le plancher » à rez-de-chaussée étaient chargées, plus la charpente qui les supportait se resserrait et leur donnait de force pour résister aux plus » lourds fardeaux.

» La seule chose cependant qui pouvait prêter raisonnablement à la » critique, c'est la quantité considérable de ferrure qui y était employée; attendu que le fer, exposé aux impressions de l'air et de l'eau, » se décompose, se couvre de rouille, devient cassant, et perd insensiblement de sa force et de sa solidité : or, les ferrures de ce pont » étaient entièrement exposées à l'air et à l'humidité des brouillards, » inséparables des eaux courantes, et surtout de celles des torrens. » Ainsi, il eût été à désirer que les deux habiles charpentiers qui » avaient construit ce pont eussent moins compté sur la force du fer, » et qu'ils y eussent suppléé par les ressources que leur génie inventeur eût immanquablement fait trouver dans leur art. »

Nous ajouterons seulement à cette observation, que la réunion de

tous ces moyens agissans naturellement avec toute la puissance dont ils sont susceptibles, ne pouvait manquer de former d'abord un ensemble très-solide; mais qu'il était à craindre qu'au bout d'un certain temps la résistance de la matière ne vînt à céder dans plusieurs points à la fois, sous les efforts réitérés des vibrations que devaient occasioner les fardeaux à leur passage, et du balancement général qui en était la suite inévitable.

Au reste, quoi qu'il en soit des doutes que nous manifestons ici sur la durée d'un semblable ouvrage, le mérite d'avoir contribué, par cette tentative hardie, à étendre les limites au delà desquelles les armatures de ce genre semblaient ne pouvoir plus être praticables, doit demeurer tout entier aux frères Grubenmann, et assurer à leur mémoire un rang distingué parmi les constructeurs les plus habiles.

Pont d'Eglisaw[1] en Suisse.

L'emploi des fermes composées de pièces superposées courbées en cintre, boulonnées, et entretenues par des moises et des entraits, paraît postérieur à la construction du pont de Wettingen; et l'on peut croire, d'après celui que l'un des frères Grubenmann construisit ensuite au même lieu, dans ce nouveau système, qu'il fut le premier à le mettre en usage[2]. Mais, soit défiance pour un procédé non encore éprouvé, soit par l'effet d'une donnée particulière, relativement à la solidité, on le vit passer d'una extrémité à l'autre : aussi, tout en reconnaissant la supériorité de ce système sur celui qui l'avait précédé, ceux qui l'employèrent dans la suite lui firent-ils subir d'importantes modifications.

Un des ouvrages récens les plus remarquables en ce genre, paraît être le pont d'Eglisaw en Suisse, exécuté en 1825, par M. Stadler, maître charpentier de Zurich, dont nous donnons, Planche CIV, le plan, la coupe et le profil.

Nous avons déjà fait connaître, à l'occasion des poutres armées, l'augmentation de force que procure aux bois la forme cintrée, maintenue par des armatures convenables, pour résister horizontalement sous l'effort de la charge. La connaissance de cette propriété devait naturellement conduire à penser, qu'en combinant ensemble plusieurs

[1] Petite ville et château du canton de Zurich, sur la droite du Rhin, à quatre lieues S.-O. de Schaffhouse.

[2] *Voyez* le Recueil de Charpente de M. Krafft, N°. 28, troisième partie.

pièces courbées, on pourrait, par ce moyen, remplacer avec avantage l'effet des arbalétriers, pour composer des fermes d'une grande étendue [1].

Quelques expériences suffirent pour s'assurer de l'excellence de ce procédé, et il en résulta des combinaisons nouvelles pour la charpente des ponts et des combles des grands édifices. Dans ce dernier cas, les fermes n'ayant à supporter que le poids d'une charge immobile, on n'avait pas à redouter l'effet du ressort de ces cintres sous l'effort d'un fardeau passager, et les moyens ordinaires pouvaient suffire pour maîtriser l'action qui en fait la force. Mais, dans les arches de pont, il paraissait difficile de pouvoir résister au mouvement que devait imprimer à l'ensemble l'élasticité de ces courbes, mise en jeu par une charge mobile. Au reste, ce mouvement dut être presque insensible dans le deuxième pont de Wettingen, eu égard à la surabondance des moyens que l'auteur avait mis en œuvre; aussi voit-on que cet effet y est à peine prévu.

Dans l'exemple que nous plaçons ici, qui présente toute la solidité

[1] C'est peut-être ici l'occasion de rappeler que Claude Perrault, célèbre à tant de titres dans les sciences et dans les arts, a donné le projet d'un pont de bois d'une seule arche, de 30 toises d'ouverture, qu'il proposait de construire au devant de Sèvres. Tous les raisonnemens sur lesquels on peut s'appuyer pour motiver l'établissement d'un pareil ouvrage, se trouvent déduits avec une simplicité remarquable, dans le Mémoire dont il accompagna le modèle qui fut présenté à M. de Colbert [*]. Les passages suivans suffiront pour faire connaître la haute intelligence que ce savant avait en ces matières.

« Le trait de l'arche, dit-il, est une portion de cercle qui est la plus ferme et la plus » solide des Figures, les assemblages sont posés en coupe au centre comme des pierres de » taille; ainsi, elles ont la même force que les pierres, sans avoir la même pesanteur.

» Tous les bois qui font l'arc sont mis fil contre fil, parce que le bois ne s'accourcit » point ou très-peu, dans ce sens-là, et qu'il est plus fort que dans l'autre sens : on » mettra une table de plomb entre deux pour empêcher les bois de s'échauffer et d'être » mouillés par la jointure, et aussi pour les lier, parce que les fibres du bois entreront » de part et d'autre dans cette table de plomb.

» Les avantages de ce pont sont qu'il n'incommodera point la navigation, qu'il ne s'y » fera aucun naufrage, qu'il ne sera point endommagé par les glaces et par les grandes » eaux, et qu'on pourra le rétablir sans que le passage en soit empêché. Il sera moins » sujet à se pourir, l'eau ne s'arrêtant pas dessus, à cause de la pente qu'il a des deux » côtés, laquelle ne se trouve pas dans les ponts de bois ordinaires. »

Au reste, bien que susceptible d'importantes modifications, surtout pour le rendre propre au passage des voitures, selon l'intention de l'auteur; ce pont, tel qu'il est conçu, nous paraît parfaitement exécutable.

[*] Voyez l'ouvrage intitulé : *Recueil de plusieurs Machines de nouvelle invention*, ouvrage posthume de M. Perrault, de l'académie royale des sciences, publié par son frère. Paris, 1700. Imprimerie de J.-B. Coignard. Un volume in-4o., avec figures.

désirable, l'auteur a donné une grande preuve de jugement en assemblant, dans une certaine longueur, l'extrados des grands arcs à leur sommet, avec le dessous des sablières, par des entailles à crémaillère C, indépendamment des autres moyens nécessaires pour les maintenir dans leur étendue. Il résulte de là, que l'effet du ressort trouve un puissant arrêt qui l'empêche d'agir sur la totalité du cintre. Pour détruire ensuite l'élasticité dont chacune des moitiés pouvait encore être susceptible, il les a fortifiées par trois doublures cintrées D D D, assemblées avec les sablières comme le dessus des cintres, de manière à augmenter encore l'effet de cette ingénieuse disposition. Tout, dans cette savante composition, est combiné de manière à profiter de la force des formes cintrées, en évitant les inconvéniens qui peuvent résulter de leur emploi pour ces sortes d'ouvrages.

Ce pont a encore l'avantage sur ceux du même genre, dont il a été question précédemment, d'offrir deux galeries latérales pour le passage des gens de pied; disposition qui remédie complètement au défaut de largeur, qui résulte, comme nous l'avons dit plus haut, de l'emploi des armatures supérieures. Il est composé de deux arches de 25 toises d'ouverture.

Relativement aux autres détails de construction, communs avec tous les exemples qui ont précédé, nous croyons pouvoir nous dispenser d'entrer dans aucune explication particulière, la vue seule des Figures suffisant à leur intelligence.

Application des règles sur la force des bois, aux différentes combinaisons dont on peut faire usage pour les ponts de charpente.

Nous avons dit, en commençant cet article, qu'on pouvait considérer les ponts comme de forts planchers dont les solives sont soutenues par des poutres qui portent sur des piles de charpente ou de maçonnerie.

Nous avons indiqué ci-devant, pages 68 à 72, plusieurs manières de fortifier les poutres pour des planchers ordinaires, qui doivent être libres en dessus et en dessous; mais ce moyen serait insuffisant pour des ponts, à cause de la charge et de la grande portée des pièces qui tiennent lieu de poutres.

Dans les ponts, comme dans les bâtimens, la force des planchers augmente ou diminue en raison du rapprochement ou de l'éloignement des poutres, ou fermes d'assemblage qui en tiennent lieu. Nous avons

ci-devant fixé l'épaisseur verticale des poutres pour les planchers des bâtimens à la dix-huitième partie de la distance entre les appuis; mais comme la charge des planchers des ponts est beaucoup plus grande que celle des planchers des bâtimens, et que de plus, cette charge est mobile, les pièces horizontales qui tiennent lieu de poutres, exigent une épaisseur beaucoup plus forte; elle peut être fixée à la dixième partie de la longueur prise entre les appuis.

La mobilité de la charge des ponts fait qu'elle se trouve successivement sur tous les points de leur longueur, qui doivent partout opposer une même résistance. Il peut même se trouver des circonstances où une suite continue d'hommes, de chevaux ou de voitures, les charge en même temps dans tous les points de leur longueur. C'est ce cas extrême qu'il est à propos de prévoir, si l'on veut éviter les accidens qui sont arrivés à plusieurs ponts par une charge extraordinaire.

Pour se faire une idée de la charge que pourrait occasioner une foule, il faut savoir qu'il peut se trouver vingt-quatre personnes réunies sur une toise superficielle, lesquelles, au poids moyen de 125 livres chaque, produiraient une charge de trois milliers.

La même superficie ne peut contenir que deux hommes à cheval, lesquels, estimés à raison de 750 livres, produiraient pour une toise 1500 livres, c'est-à-dire une charge moitié moindre que celle que pourrait produire une foule de gens à pied.

Il est difficile d'évaluer le poids d'une voiture par le nombre des chevaux qui la traînent, parce qu'il dépend de la force des chevaux, qui varie beaucoup, et de la volonté de celui à qui ils appartiennent, qui les ménage plus ou moins. Cependant on ne peut pas errer beaucoup en évaluant, à raison de 1500 livres par cheval, le poids et la charge d'une voiture; ce qui donne, pour une voiture traînée par quatre chevaux, un poids de six milliers. Il est vrai qu'une pareille voiture occupe une superficie d'environ 7 toises; mais il faut observer que la charge qu'elle occasione, indépendamment des chevaux, tombe sur les deux points où posent les roues, qui peuvent se trouver au milieu de la portée d'une pièce; ce qui double, pour ce point, la charge que pourrait occasioner la foule, bien que, dans sa totalité, le pont se trouve beaucoup moins chargé qu'il ne le serait par une grande réunion d'hommes ou de chevaux.

On démontre, en mécanique, que l'effort d'un poids placé au milieu d'une barre posée horizontalement sur deux appuis, est égal à celui de plusieurs poids distribués dans sa longueur, dont la somme seroit double. Il résulte de cette propriété un moyen facile de trouver la charge et la résistance de tous les points des pièces de bois horizontales qui soutiennent les solives des planchers des ponts.

Observations préliminaires.

Lorsqu'une poutre comme AB, Figure 2, Planche XCIX, n'a pas assez de force pour se soutenir sans plier, on peut placer sous le milieu un étai d'aplomb DE, qui diminue sa portée de moitié; mais si ce moyen n'est pas praticable, on peut y suppléer par des pièces inclinées en sens contraire DF, DC, qui se réunissent au milieu D, Fig. 3.

Si les intervalles entre le milieu et les points d'appui sont encore trop grands, il est facile de les soutenir par le milieu au moyen d'autres pièces inclinées GH, IK, Figure 4.

Supposant les pièces de bois inclinées, assez fortes pour soutenir la poutre AB, Figure 4, aux points G, D et I, avec les poids dont ils peuvent être chargés, il faut encore que les parties AG, GD, DI et IB, puissent soutenir ces mêmes poids dans leur milieu L, M, N, O. Si ces parties ont chacune 12 pieds de longueur, et que les poids P, P, P, P, soient chacun de 8 milliers, on trouvera, en opérant comme nous l'avons indiqué à la page 236 du Livre Ier, ou par le moyen des Tables qui se trouvent à la suite de ces indications, qu'il suffirait de donner à ces parties une épaisseur verticale de 13 pouces, sur une largeur de 10.

Quant aux contre fiches ou pièces de bois inclinées, il est évident qu'elles doivent porter le même poids que les milieux L, M, N, O : car le point G doit soutenir la moitié de L, plus la moitié de M. Le point D doit porter l'autre moitié de M, et la moitié de N. Le point I doit porter l'autre moitié de N, et la moitié de O. Il est encore facile de concevoir que la force des contre-fiches GH, FD, doit diminuer en raison de leur longueur et de leur inclinaison; et que ces pièces étant également inclinées, leur force sera en raison inverse de leur longueur; c'est-à-dire que DF, dont la longueur est double de HG, ne doit avoir que la moitié de sa force, en sorte que les deux contrefiches DF, DC ne soutiendront pas avec plus de force le milieu D, que

les petites contre-fiches HG, IK soutiendront les points G et I. Les poids à soutenir aux points G, D, I, étant supposés de 8 milliers, on trouvera, d'après les principes et les règles ci-devant expliqués, au Livre Ier., page 274, qu'une pièce de bois de 6 pouces en carré de grosseur, suffirait pour soutenir cet effort. Mais il faut rappeler ici ce qui est dit relativement aux cintres de charpente, *que la grosseur des pièces de bois ne doit jamais avoir moins de la vingt-quatrième partie de leur longueur*, parce que leur force ne doit pas seulement être en rapport avec le poids particulier qu'elles ont à soutenir, mais de plus avec l'ensemble général, pour lui procurer une stabilité suffisante et résister à la masse des efforts mis en mouvement, et obvier aux imperfections qui peuvent se trouver dans la main-d'œuvre et les matières. La longueur des contre-fiches HG, IK, étant de 17 pieds, leur moindre épaisseur doit être de 8 pouces et demi. Quant aux grandes contre-fiches FD, DC, il est à propos, pour les empêcher de fléchir, de les maintenir dans leur milieu par une moise verticale ou horizontale HP et IP.

On peut diminuer la longueur et l'inclinaison des contre-fiches du milieu, en les faisant buter contre une pièce qui double le milieu de la pièce horizontale sur laquelle portent les solives. Ce moyen fait qu'on peut donner à ce milieu une portée double, ainsi que le représente la Figure 5. Palladio l'a employé avec succès pour son pont de Bassano, représenté par les Figures 1, 2 et 3 de la Planche CI.

Lorsque la distance entre les piles est fort grande, on peut encore augmenter la portée de la partie du milieu, en lui donnant trois épaisseurs, et faisant celle des parties suivantes double, et celle près des piles d'une seule épaisseur, ainsi qu'on le voit représenté par la Figure 6, Planche XCIX, dont la disposition rappelle celle du pont sur la Kandel.

Pour proportionner la longueur des travées à ces épaisseurs, on divisera l'espace entre les piles en neuf parties égales. On en donnera une pour les parties près des piles, répondant à une seule épaisseur. On fera la longueur de celles qui suivent de deux parties, et on donnera trois parties pour la travée du milieu, qui répond aux trois épaisseurs.

Ainsi, pour une distance de 90 pieds entre les piles, les travées des extrémités auront 10 pieds; celles ensuite, 20 pieds; et la travée du milieu, 30 pieds.

Supposant le pont destiné pour le passage des grosses voitures, le plus grand poids que puisse avoir à porter la partie du milieu, en pre-

nant 6 pieds pour l'espace entre chaque ferme, ne saurait être au-dessus de 20 milliers. Cette charge de 20 milliers équivaut, pour chaque ferme, à l'effort d'un poids de 10 milliers placé au milieu.

Règle facile pour déterminer la force des pièces de bois horizontales et leur grosseur, en raison de la charge qu'elles doivent soutenir.

Il résulte de ce qui a été dit précédemment (Livre Ier., Section IIe., pages 236 et suivantes), que l'opération se réduit à multiplier la moitié de la force moyenne du bois pour un pouce ou une ligne carrés, par le carré de l'épaisseur verticale de la pièce; et à diviser le produit par sa longueur : ainsi, en indiquant cette force pour un pouce carré par f, l'épaisseur verticale par h, la longueur par l, et la charge que la pièce pourrait porter par p, on aura, pour toutes les pièces horizontales, telles que les poutres et les solives, la formule $\frac{fhh}{l} = p$, d'où l'on tire $h = \sqrt{\frac{pl}{f}}$, qui indique les opérations à faire; c'est-à-dire que, pour trouver l'épaisseur verticale à donner à une pièce de bois dont la longueur et la charge sont connues, il faut prendre la racine carrée du produit du poids multiplié par la longueur de la pièce réduite en pouces, divisé par la force moyenne du bois pour un pouce carré.

Ainsi, pour trouver l'épaisseur verticale qu'il faudrait donner à la poutre ou assemblage de pièces de bois horizontales, formant la travée du milieu de la ferme de pont précédente, dont la portée est de 30 pieds, et la charge à soutenir dans son milieu de 10000, les opérations indiquées par la formule $h = \sqrt{\frac{pl}{f}}$ donneront $h = \sqrt{\frac{10000 \times 30 \times 12}{7200}}$, qui se réduit à $h = \sqrt{500}$, et enfin à $h = 22$ pouces $\frac{4}{10}$.

Il résulte de ce calcul que, si l'on pouvait compter sur la perfection de la matière, *une planche de chêne de 22 pouces* $\frac{4}{10}$ *de largeur, sur* 1 *pouce d'épaisseur, posée de champ, pourrait faire équilibre, avant de se rompre, à un poids de* 10 *milliers placé au milieu de sa longueur.* Mais, comme nous l'avons déjà dit, il faut, pour procurer aux pièces de bois la solidité et la stabilité qui conviennent, leur donner une force décuple de celle qui les fait rompre. Un moyen infiniment simple de leur procurer cette solidité consiste, après avoir calculé la force, comme nous venons de le faire, pour 1 pouce de base ou de largeur horizontale, à

leur donner 10 pouces de base ; ainsi, pour le cas dont il s'agit, considérant la hauteur de 22 pouces $\frac{4}{10}$, trouvée par le calcul, comme une donnée élémentaire, précise et invariable, il suffira de porter à 10 pouces la largeur du champ de la pièce.

Pour l'épaisseur des poutres ou pièces horizontales de 20 pieds de portée, des travées qui joignent la précédeute, dout la plus grande charge au milieu peut être de 6667 livres, la formule donnera $h = \sqrt{\frac{6667 \times 20 \times 12}{7200}}$, qui se réduit à $h = \sqrt{222}$, et enfin à $h = 15$; c'est-à-dire que l'épaisseur verticale doit être de 15 pouces sur 10 pouces de largeur de base.

La même formule donnera, pour les pièces horizontales des travées des extrémités, dont la longueur est de 10 pieds, et la charge au milieu de 3334, $h = \sqrt{\frac{3334 \times 10 \times 12}{7200}}$, qui se réduit à $h = \sqrt{55}$, qui donne 7 pouces et demi pour l'épaisseur verticale, sur 10 pouces de largeur de base.

Application de la même formule aux bois inclinés.

La force des pièces de bois inclinées qui soutiennent la portée des poutres ou pièces horizontales d'une longueur extraordinaire, doit être, à grosseur égale, proportionnée à leur longueur, comparée à la ligne horizontale qui mesure leur inclinaison; en sorte qu'une pièce de bois, à grosseur et longueur égales, est d'autant plus forte, qu'elle approche plus d'être verticale, ainsi que nous l'avons ci-devant indiqué, (*Livre Ier., page 274*); d'où il résulte que, dans la formule, $h = \sqrt{\frac{pl}{f}}$, l au lieu de représenter la longueur de la pièce, indique celle de la ligne horizontale qui mesure son inclinaison. Cela posé, la charge des grandes contre-fiches qui soutiennent les bouts des pièces horizontales formant la travée du milieu, et ceux des pièces qui forment les travées suivantes, sera pour chacune égale à $10000 + 6667$, ou 16667.

La ligne horizontale qui mesure l'inclinaison de ces contre-fiches étant de 30 pieds, la formule donnera $h = \sqrt{\frac{16667 \times 30 \times 12}{7200}}$, qui se réduit à $h = \sqrt{833,35}$, et enfin à $h = 28 \frac{8}{100}$, c'est-à-dire, à près de 29 pouces pour leur épaisseur verticale indiquée dans la Figure par cb, qui donne pour celle perpendiculaire à la pièce indiquée par ac, 20 pouces $\frac{8}{10}$, en supposant ces pièces isolées dans toute leur longueur, qui est de 43 pieds;

mais en les supposant reliées à la moitié de leur longueur par une moise, comme l'indique la Figure 6, l'application de la formule donnera $h = \sqrt{\frac{16666,7 \times 15 \times 12}{7200}}$, qui se réduit à $h = \sqrt{416,67}$; et enfin $h = 20 \frac{4}{10}$ pour l'épaisseur verticale, et 14 pouces $\frac{2}{10}$ pour celle perpendiculaire à leur direction.

On trouve l'épaisseur perpendiculaire à la direction de la pièce, lorsqu'on connaît l'épaisseur verticale, par une proportion dont les deux premiers termes sont la longueur de la pièce et la ligne horizontale qui mesure son inclinaison; le troisième terme est l'épaisseur verticale trouvée par la formule : ainsi, dans le cas où la pièce précédente serait isolée dans toute sa hauteur, on aurait 43 : 30 :: 29 est à un quatrième terme, qui donne 20 pouces $\frac{4}{10}$ pour l'épaisseur perpendiculaire à la direction.

Pour la pièce divisée en deux par une moise, la proportion sera 43 : 30 :: 20 $\frac{4}{10}$ est à un quatrième terme qui est 14 pouces $\frac{2}{10}$.

OBSERVATIONS.

Il est très-essentiel de remarquer que ce qui contribue le plus à la solidité d'un ouvrage de charpente, comme de tout autre, c'est la forte réunion des pièces dont il se compose. On peut dire que les plus solides sont ceux dont les parties sont jointives ou fortement réunies par des surfaces continues. Deux rangs de fortes planches ou madriers qui se joignent et qui se croisent, fortement arrêtés sur les solives, peuvent doubler la solidité d'un plancher sans augmenter beaucoup la dépense, en permettant de mettre les solives moins grosses ou plus espacées.

L'exemple ci-devant cité, page 61, des planchers hollandais, composés de planches sans solives, vient à l'appui de cette assertion.

Au lieu de fermes composées de pièces isolées qui ne se réunissent qu'à leurs extrémités, on pourrait, en certains cas, en former avec des pièces jointives, dans le genre de celles représentées par les Fig. 7 et 8. Ces fermes, indépendamment de leur plus grande force, exigeraient beaucoup moins d'élévation, avantage qui peut devenir précieux en beaucoup de circonstances.

Les fermes de ce genre doivent être combinées de manière à avoir partout une même résistance relativement à la plus grande charge

qu'elles peuvent avoir à soutenir : ainsi, pour une ferme de 90 pieds de portée, comme celle dont il vient d'être question, nous avons déjà fait voir que la plus grande charge de cette ferme, en supposant qu'elle réponde à une toise de largeur, sera de trois milliers par toise superficielle : sa portée étant de 90 pieds ou 15 toises de longueur, cette charge serait de 45 milliers.

Pour trouver l'épaisseur à donner à chaque point, on a divisé sa longueur en 12 parties égales, et on a cherché d'abord l'épaisseur des deux parties du milieu IH, I*h*, par le moyen de la formule $h=\sqrt{\frac{pl}{f}}$, qui donnera $h=\sqrt{\frac{7500\times 90}{7200}}$, qui se réduit à $h=\sqrt{93,75}$, dont la racine donne $h=9\frac{2}{10}$.

Pour les quatre divisions du milieu GH, I*hg*, dont la charge est 15000, la formule donnera $h=\sqrt{\frac{1500\times 180}{7200}}$, qui se réduit à $h=\sqrt{375}$; et enfin à $h=19\frac{4}{10}$.

Les six divisions du milieu, comprises entre F et *f* soutiennent une charge de 22500, ce qui donne $h=\sqrt{\frac{22500\times 270}{7200}}$, qui se réduit à $h=29$.

Pour huit divisions $h=38, 75$.

Pour dix. . . . . . . $h=48, 4$.

Et pour douze. . . . $h=58$.

Toutes ces pièces auront 10 pouces de largeur de base.

Il est aisé de voir que l'épaisseur du milieu étant déterminée, elle augmente en proportion arithmétique pour les autres; en sorte que cette ferme peut être composée de pièces de même grosseur, posées en saillie les unes sur les autres, et arrêtées par des moises à chaque division.

Ces moises, ainsi que la place des pièces où elles s'appliquent, peuvent être taillées en dents de scie, comme l'indique la Figure 8.

On peut faire disparaître les redents en dessous, en y appliquant des fourrures triangulaires. Au lieu de deux surfaces droites qui forment un angle, on pourrait y substituer une surface courbe en arc de cercle. Ces variantes sont indiquées par des lignes ponctuées, sur la Figure 7.

Ces fermes peuvent encore être combinées, comme l'indique la Figure 9, avec des pièces inclinées en dessous et des pièces horizontales au-dessus, reliées de même avec des moises, boulonnées et assem-

blées à crémaillère. Comme, dans ces combinaisons, les poutres peuvent être en plusieurs morceaux sur la longueur, ces fermes n'exigent pas des bois d'une dimension extraordinaire : il ne faut que des pièces de 12 à 18 pieds de longueur sur 9 à 10 pouces de grosseur.

Les ponts en charpente, composés de plusieurs arches, sont ordinairement soutenus par des piles en bois ou palées, et quelquefois par des piles en pierre.

Les palées sont composées d'une, de deux, ou de trois files de pieux, sur lesquels on élève de forts poteaux bien entretenus et contreventés par des décharges, des moises et des sablières; mais il faut, autant qu'il est possible, préférer les piles en pierre, qui ont plus de stabilité, de force et de durée.

C'est seulement lorsque la nature des localités s'oppose à l'établissement de ces ouvrages, soit par la mouvance du fond, soit par l'impétuosité du courant, ou par quelque difficulté d'un autre genre, que la nécessité d'établir des communications peut commander l'emploi de ces moyens extraordinaires, dont il paraît que le Tyrol, ainsi que plusieurs autres pays de montagnes ont offert, depuis nombre de siècles, divers exemples plus ou moins remarquables[1]; car, indépendamment de la fatigue à laquelle ces constructions sont exposées par le service même auquel elles sont destinées; la force des matériaux se trouve déjà compromise au-delà des règles, par l'effort immense de l'ensemble du système sur toutes les parties qui le composent.

En général, on ne saurait trop insister sur l'observation de ce précepte, que, dans aucune des combinaisons propres aux différentes parties de l'art de bâtir, il ne faut jamais approcher de trop près des limites connues de la résistance de la matière.

[1] Voyez Scamozzi, Architecture universelle, 2e. partie du Livre VIII, Chapitre XXIII

CHAPITRE TROISIÈME.

DES COMBLES A SURFACES PLANES.

On désigne sous le nom de comble, la forme apparente des toits composés de surfaces courbes ou planes, pour l'écoulement des eaux pluviales. Les combles, dont la figure est prismatique ou pyramidale, sont ordinairement formés par un assemblage de pièces de bois recouvert en planches ou par un lattis, pour recevoir les tuiles, les ardoises, le plomb, le cuivre ou autres matières en lames, qui forment la couverture. Les surfaces apparentes des toits sont quelquefois formées par des voûtes extradossées en pente et recouvertes en dalles de pierre et quelquefois de marbre, comme à l'église de Milan, appelée le Dôme.

Il y a eu des édifices où les surfaces des combles étaient formées par des espèces de charpentes en bronze, comme celle du portique du Panthéon de Rome, dont la figure se trouve dans les ouvrages de Serlio et de Palladio. (*Voyez* tome II, Planche 18, Figure 17.) De notre temps plusieurs architectes ont employé, avec le plus grand succès, le fer à la construction des combles.

De la formation des combles.

Les combles sont ordinairement composés d'une ou de plusieurs surfaces inclinées pour faciliter l'écoulement des eaux de pluie et de neige, et mettre les édifices à l'abri des intempéries de l'air. Pour les combles en charpente, ces surfaces se forment avec des chevrons qu'on espace, à Paris, de quatre à la latte, c'est-à-dire de 16 pouces de milieu en milieu. Ces chevrons sont recouverts de planches ou de lattes, pour recevoir les tuiles creuses ou plates, les ardoises ou les lames de plomb, de cuivre ou autre matière, dont on fait usage pour la couverture.

Les combles les plus simples sont ceux compris entre des murs de pignon terminés en pointe, et formant des pentes selon le profil des pignons.

Pour soutenir les chevrons dans leur portée, lorsque les pentes ont trop de longueur, on place en travers des pièces de bois plus fortes, appelées *pannes*, scellées dans les murs de pignon.

Dans les combles à deux pentes, formant un angle au sommet, on place, pour former cet angle et soutenir le haut des chevrons, une

pièce de bois F, qu'on appelle *faîtage*, Figures 1, 2, 3, 4, 5, 6 et 7. Planche CVI.

Dans les combles brisés, à la Mansard, les pièces de bois D qui se trouvent au droit de ces plis ou brisures, sont appelées *pannes de brisis*.

Dans les combles qui ont beaucoup de pente par le bas, les chevrons portent sur une plate-forme dans laquelle ils sont entaillés; et pour rejeter les eaux au-delà de l'entablement, on ajoute des bouts de chevrons, appelés *coyaux*, qui forment un adoucissement de pente, comme on le voit indiqué par la lettre c, dans les Figures 1, 2, 3, 4, 5, 6 et 7.

Lorsque les murs formant pignons se trouvent à de trop grandes distances, on place dans l'intervalle des assemblages de charpente appelés *fermes*, afin de soutenir les pannes et les faîtages dans leur portée. Souvent même les combles ne sont soutenus que par des fermes au lieu de mur de pignon; *mais une ferme de charpente, de quelque manière qu'elle soit combinée, ne peut jamais avoir la stabilité et la fermeté d'un pignon en maçonnerie.*

Fermes des combles surbaissés.

Lorsque les fermes de charpente n'ont pas beaucoup de portée, Figure 1, Planche CV, elles peuvent être faites avec trois pièces de bois seulement, dont deux inclinées *a*, *a*, sont appelées *arbalétriers*, et la troisième horizontale *b*, qu'on appelle *entrait*, dans laquelle les deux autres sont assemblées de manière à former un triangle isocèle. On trouve en Italie beaucoup de fermes de cette manière.

Les arbalétriers de ces fermes sont assemblés par le bas dans les bouts de l'entrait, par des entailles en cremaillère, et retenus par des liens de fer qui placés perpendiculairement à la pente des arbalétriers, les fixent d'une manière invariable, ainsi qu'on le voit aux Fig. 3, 4, 5.

Par le haut, ces arbalétriers, qui se réunissent pour former la pointe du comble, se raccordent par un joint à plomb; ils sont fixés par une espèce de clef entaillée dans les deux pièces, et chevillée comme le représente la Figure 8. Quelquefois ils ne sont réunis que par des entailles à mi-bois arrêtées avec une cheville, Figure 9.

Lorsque ces fermes ont une certaine grandeur, on les fortifie à l'intérieur par une armature composée de trois pièces *f*, *g*, *h*, dont deux doublent les arbalétriers jusqu'aux deux tiers environ, et une autre

en forme d'entrait pour les contre-buter, ainsi qu'on le voit par la Figure 2.

La Figure 3 représente une des fermes du comble de l'église de Sainte-Sabine, à Rome. Les arbalétriers sont assemblés par le haut dans une pièce verticale *i* à laquelle on donne le nom de *poinçon*; cette ferme est fortifiée à l'intérieur par une armature composée de deux pièces *f*[1] qui doublent les arbalétriers jusqu'aux deux tiers, contre-butées par d'autres pièces *h* inclinées en sens contraire, assemblées dans les poinçons, qu'on appelle *contre-fiches*. Le milieu de l'entrait est soutenu par un étrier de fer arrêté au poinçon : les extrémités de cet entrait sont fortifiées à l'endroit de leur portée par des espèces d'encorbellemens en bois, qui doublent les bouts de l'entrait; ces pièces sont réunies aux arbalétriers et à l'entrait par des liens de fer inclinés. Cette ferme offre la combinaison la mieux entendue pour les combles dont l'élévation est au-dessous du quart.

L'époque à laquelle cette église a été fondée (l'an 425 de l'ère vulgaire), comme aussi les rapports de simplicité qui existent entre la composition du comble dont elle est recouverte, et la description que Vitruve a donnée de la charpente des toits, peuvent porter à reconnaitre ici le type de la charpente antique, *pro majoribus spatiis*, copié sur d'anciens exemples, et transmis jusqu'à nous d'âge en âge, par les monumens des bas siècles. D'après les mêmes considérations, on serait induit à retrouver dans les combles des anciennes basiliques de Saint-Pierre, dont C. Fontana nous a conservé le dessin (*voyez* Planc. LXXI, Fig 9), et de Saint-Paul hors-les-murs, à Rome, dont la description va suivre, la disposition de la charpente des toits, *pro cellis immani magnitudine*[2]

Les Figures 4, 5 et 6 représentent trois fermes différentes du comble de la basilique de Saint-Paul, à Rome. Celles, Figures 4 et 5, sont doubles, éloignées les unes des autres de 10 pieds 1 pouce; elles sont composées de deux fermes semblables, posées à 14 pouces de distance l'une de l'autre; entre ces fermes se trouve suspendue une aiguille pendante *n*, qui tient lieu de poinçon, et qui sert à soutenir le milieu de l'entrait pour l'empêcher de plier, au moyen d'une simple clef de bois *o*, placée au-dessous des entraits, et qui passe dans un trou carré percé

[1] Vitruve, Livre IV, Chapitre II.

[2] *Idem*, Livre VII, *in Proemio*, à l'occasion du temple de Cérès et de Proserpine couvert par Ictinus architecte Romain.

dans le bout de cette aiguille. Cette pièce est suspendue par le haut, au moyen d'un boulon de fer placé au milieu du joint des deux arbalétriers, et d'une autre clef de bois 2, qui passe au travers de l'aiguille, au-dessus du faux entrait *g*. *Cette ferme est une des plus anciennes de la charpente de sapin qui forme le comble de cette église; c'est une de celles renouvelées en* 816, *sous le pontificat de Léon III.*

Les entraits, qui sont d'une seule pièce, ont 73 pieds 6 pouces de longueur entre les murs; leur grosseur est de 21 pouces sur 14 pouces, leur distance est aussi de 14 pouces. Les arbalétriers ont 15 pouces sur 14 pouces de grosseur : les pièces qui les doublent en dessous ont 10 pouces et demi en carré; elles sont réunies par le haut, avec l'arbalétrier, par des boulons. Le faux entrait a 11 pouces sur 10 pouces et demi; l'aiguille pendante, 12 pouces sur 8 pouces, depuis le dessus du faux entrait : plus haut, elle a 10 pouces sur 12; et la tête entre le sommet des fermes a 12 pouces en carré à l'endroit où passe le boulon de fer.

Les pannes sont soutenues sur des tasseaux *m*, profilés des deux bouts, formant entre-toises pour lier les deux fermes, comme on le voit Figure 4 *bis*. Le faitage est composé de deux pièces de bois de 10 à 12 pouces de gros, et les pannes ont 8 pouces; elles sont espacées de 5 pieds 4 pouces; les chevrons, qui ont 5 pouces sur 4, ne sont éloignés l'un de l'autre que de 8 pouces. Ces chevrons sont recouverts par de grandes briques d'environ 1 pied sur 7 pouces, qui forment une espèce de carrelage, avec mortier dans les joints. Sur ce carrelage est établie la couverture, formée de tuiles plates avec rebords, dont les joints sont recouverts par des tuiles creuses renversées.

On peut juger, par cette description, du poids de cette espèce de couverture, et de la force de la charpente qui la soutient.

La ferme représentée par la Figure 5 *est moins ancienne*, *elle est aussi un peu plus compliquée que la précédente.* Les arbalétriers sont assemblés par le haut dans des bouts de poinçons *i*, entre lesquels passe une aiguille pendante *n*, arrêtée par une forte clef de bois qui les traverse au point *c*. Cette aiguille sert, comme dans la ferme précédente, à soutenir le milieu des entraits par une autre clef de bois. Ces entraits sont en deux pièces assemblées à traits de Jupiter, avec double clef et trois liens de fer; ils sont encore soutenus par des

étriers de fer arrêtés à deux faux poinçons marqués *o*, suspendus à la réunion des pièces qui doublent les arbalétriers avec les faux entraits. Le surplus est comme dans la ferme précédente. Les arbalétriers *a*, *a*, sont plus gros; ils ont 20 pouces et demi sur 14. Les faux arbalétriers ont 13 pouces sur 12 pouces et demi; le faux entrait a 14 pouces sur 12.

Cette seconde ferme est beaucoup plus forte que la précédente : d'abord, parce que les arbalétriers ont plus de grosseur; ensuite, parce qu'ils sont assemblés dans des poinçons, et que l'aiguille pendante est beaucoup mieux suspendue par ces poinçons que par la seule jonction des arbalétriers; quant aux autres poinçons marqués *o*, ils ne sont pas assez solidement retenus pour qu'ils puissent être d'une grande utilité; aussi l'effort qu'ils éprouvent est-il peu considérable.

La troisième ferme, indiquée par la Figure 6, est une des plus nouvelles; c'est une de celles de la partie du comble au-dessus du sanctuaire, renouvelée sous le pontificat de Sixte-Quint. Quoique cette ferme soit soutenue dans le milieu par un mur de plus de 4 pieds et demi d'épaisseur, elle est beaucoup plus compliquée que les précédentes : les entraits n'ont que 35 pieds 9 pouces de portée; les pièces au-dessus forment deux petites fermes séparées; elles soutiennent les arbalétriers de la grande jusqu'à la moitié environ de leur longueur; le surplus est doublé par de faux arbalétriers qui s'assemblent, ainsi que les vrais, dans le grand poinçon du milieu.

Ces fermes ne sont pas doubles comme les précédentes. Les entraits ont 17 pouces sur 14, les arbalétriers ont 14 pouces en carré, les poinçons 13 pouces et demi sur 11 pouces, les liens 6 pouces et demi sur 4 pouces et demi, les pannes 8 pouces, et les chevrons 4 pouces et demi. Ces fermes sont éloignées l'une de l'autre d'environ 9 pieds un quart, les pannes et les chevrons sont espacés comme dans les autres fermes, et la couverture est la même.

Les bois de toutes ces fermes sont équarris à vives arêtes, et les assemblages ne consistent que dans des coupes et des entailles qui affaiblissent moins les bois que les tenons et les mortaises dont nous faisons usage. Leur aspect présente une netteté et une régularité qu'on ne trouve pas dans nos charpentes modernes, où l'on n'emploie que des bois grossièrement équarris et remplis de flaches, de courbures et

d'irrégularités. Au reste, on ne peut s'empêcher de faire remarquer que cette dernière ferme, comparée aux deux autres, est beaucoup trop compliquée.

Fermes des combles surhaussés.

La Figure 1 de la Planche CVI représente l'une des maîtresses fermes d'un comble surhaussé, dont la largeur dans œuvre est de 27 pieds. Les arbalétriers portent par le bas sur un grand entrait *b*, d'une seule pièce, qui forme toute la largeur du bâtiment, en y comprenant l'épaisseur des murs; et vont s'assembler dans le poinçon *i* sur lequel portent les pièces formant le faîtage *f*.

Le faux entrait *g*, les esseliers ou liens *e*, *e*, qui le soutiennent en dessous, ainsi que les jambettes *j*, sont communs aux maîtresses fermes et aux fermes intermédiaires appelées fermes de *remplage* ou chevrons portant fermes[1]; ces pièces ont seulement 1 pouce de plus de grosseur dans les maîtresses fermes que dans les fermes intermédiaires.

Les fermes ordinaires n'ont pas de poinçons par le haut, et au lieu d'entrait elles ont pour base de petites pièces *d*, appelées blochets, dans lesquels sont assemblés les bouts des chevrons et ceux des jambettes.

Les blochets sont posés sur un double rang de plates-formes réunies par des entre-toises placées de six pieds en six pieds, et formant ensemble l'épaisseur du mur.

Les fermes intermédiaires sont espacées de 2 pieds, de milieu en milieu, et les maîtresses fermes de 10 pieds, en sorte qu'il se trouve quatre fermes intermédiaires entre.

Les pièces qui composent les fermes intermédiaires, ont 5 pouces de gros, et celles des maîtresses fermes 6 pouces; la grosseur du grand entrait est de 8 pouces sur 9 pouces; les sablières ont 4 pouces sur 6 pouces de grosseur.

La hauteur entière de ce comble, depuis le dessous du grand entrait, est égale à la longueur de cet entrait. Les faux entraits sont placés aux [illegible] de cette hauteur, à partir du bas. Les bouts supérieurs des liens ou esseliers avancent jusqu'au quart de la longueur du faux entrait; le bas de ces liens répond au tiers de la longueur du chevron avec le-

[1] On leur donne aussi le nom de *fermes d'assemblage*, et l'on entend par-là que toutes les pièces de bois dont elles sont composées sont d'un même échantillon, et que chaque chevron figure l'arbalétrier d'une ferme.

quel il s'assemble. Les jambettes du bas sont d'aplomb, et se prolongent jusqu'à la rencontre du même chevron.

Cette combinaison, qui forme partout des triangles, est la plus propre à maintenir les assemblages, parce que toutes les pièces sont mutuellement entretenues par d'autres, qui agissent dans le sens de leur longueur, dans lequel elles ne sont susceptibles ni de rallongement, ni de diminution sensibles par les variations de la température[1].

La disposition de toutes ces pièces est à peu près la même dans les divers exemples de fermes proposées par Mathurin Jousse, dans son *Théâtre de l'Art du Charpentier*, dont il a déjà été question dans cet ouvrage.

Il n'est pas sans intérêt de remarquer ici que, dans les combles d'une grande étendue, la composition de ces fermes donnait lieu à des effets perspectifs d'un beau caractère, et dont on pourrait tirer un parti avantageux pour les charpentes qui doivent demeurer exposées à la vue.

La Figure 2 représente une des fermes en usage pour les combles de Paris, depuis le quinzième jusqu'à la fin du dix-septième siècle. Les arbalétriers *a*, *a*, forment avec l'entrait *b* un triangle équilatéral. Cette ferme est garnie, à l'intérieur, d'un poinçon *i*, dans lequel sont assemblés les arbalétriers, par le haut; de deux contre-fiches *h*, *h*, et d'un faux entrait *g*, fortifié en dessous par deux esseliers *e*, *e*.

Sur les arbalétriers sont attachés des tasseaux *t*, avec des chantignoles, pour soutenir les pannes indiquées par *p*.

Les chevrons sont assemblés par le bas dans une plate-forme, et arrêtés sur les pannes et le faitage.

Cette charpente présente une combinaison qui paraît plus solide que la précédente, mais elle est plus compliquée; elle exige une plus grande quantité de pièces de bois, plus grosses et qui produisent une plus grande dépense. Pour une largeur de comble de 24 à 30 pieds,

[1] Je me sois assuré de cette propriété du bois, en faisant coucher, sur l'appui de la balustrade des murs extérieurs de l'église de Sainte-Geneviève, des pièces de bois de chêne et de sapin de 36 à 40 pieds de longueur. J'ai trouvé que la différence entre la longueur de ces bois secs ou mouillés, ne variait, pour le bois de chêne, que d'environ une ligne un quart, et poor le bois de sapin de moins de trois quarts de ligne, quoique ce dernier varie plus en grosseur. Pour dix degrés de différence dans la température, le bois de chêne sur cette longueur ne varie pas d'une ligne, et de moins d'une demi-ligne pour le bois de sapin.

on donnait ordinairement à l'entrait, lorsqu'il portait planeher, le dix-huitième de la largeur dans œuvre, comme pour les poutres; et pour ecux qui ne portaient pas planeher $\frac{1}{24}$:

·Aux arbalétriers. . . $\frac{1}{18}$,
Aux faux entraits. . . $\frac{1}{24}$,
Aux poinçons. . . . . $\frac{1}{12}$,
Aux lieus. . . . . $\frac{1}{24}$,
Aux pannes. . . . . . . $\frac{1}{18}$, de l'intervalle entre les fermes.

Quelquefois, pour pratiquer un étage en partie dans le bas du comble, on posait le prineipal entrait 3 ou 4 pieds plus bas que l'entablement. Sur ce premier entrait portant planeher, on établissait de faux arbalétriers ou jambes de force, qu'on tenait plus raides que la pente du toit, afin de dégager l'intérieur; on ehoisissait pour cela des bois eourbes. Ces jambes de force portaient un second entrait, dans lequel elles étaient assemblées avec des lieus. Le surplus du eomble était arrangé de même que dans la Figure 2. On éclairait ces étages par des fenêtres en forme de lucarnes qui coupaient l'entablement, et se terminaieut par des frontons.

La ferme représentée par la Figure 5 est celle que Bullet propose pour les combles de Paris. Comme elle est un peu garnie en bois, on peut supprimer les deux eontre-fiches *h*, *h*, qui butent le poinçon; il est déjà assez eonsolidé par le faux entrait, et il n'est pas assez long pour avoir besoin de ce seeours.

Dans plusieurs eombles modernes, au lieu de faire porter les pannes sur des tasseaux on les assemble à tenons dans les arbalétriers, de manière qu'elles affleurent le dessus des arbalétriers; il y en a qui posent les chevrons dessus à l'ordinaire : on peut assembler ces ehevrons dans les pannes, en sorte qu'il ne s'en trouve pas sur les arbalétriers dont le dessus sert de chevron. Cette disposition rend les combles moins lourds, et emploie moins de bois; mais elle ne peut convenir que pour ceux dont la largeur n'exeède pas 30 pieds; pour les autres, il vaut mieux suivre la méthode ordinaire.

Dans les eombles brisés, comme eeux représentés par les Fig. 3, 4, 6 et 7, pour ne pas charger inutilement le faux entrait, il faut éviter d'y faire porter les jambettes *j*, qu'on peut remplacer au besoin par de contre-fiches assemblées dans le poinçon, comme dans les Fig. 2 et 5

Les pannes de brisis DE s'assemblent à tenons à l'extrémité du faux entrait. Les autres pannes sont disposées et soutenues comme dans les fermes ordinaires.

Disposition des élémens des fermes, d'après les principes.

Il faut remarquer que, de quelque manière que les combles soient couverts, en ardoises, en tuiles et même en plomb, ils ne doivent pas avoir besoin de plus de force qu'un plancher de même superficie de base, parce que la charge que portent les combles est distribuée uniformément dans toute leur superficie, tandis que celle des planchers est souvent inégale, et qu'ils éprouvent quelquefois des chocs et des ébranlemens auxquels les combles ne sont jamais exposés. Si les bois des combles n'étaient pas sujets à se tourmenter à cause des variations de la température de l'air, il suffirait souvent de trois pièces de bois pour former une ferme solide.

Les courbures et les ondulations qu'on remarque dans certains toits viennent plutôt de la défectuosité des bois mis en œuvre, que de la faiblesse de leurs dimensions ou de la mauvaise combinaison des fermes.

On trouve en Italie et dans les départemens méridionaux de la France, des combles en bois de sapin, beaucoup plus légers et moins compliqués que les nôtres, qui se maintiennent droits et en bon état, quoiqu'ils soient chargés de couvertures une fois plus pesantes.

Le bois de chêne étant plus lourd que le sapin, ayant ses fibres moins droites, est plus sujet à se tourmenter que ce dernier, qui ne varie que de grosseur et qui est moins sujet à se tordre.

En général, il est bon de remarquer que le moyen le plus sûr de former des fermes solides, est de les composer d'une combinaison de triangles, parce que leur figure ne peut jamais varier, lorsque les pièces qui les forment sont assemblées d'une manière convenable [1].

[1] Dans la seconde partie du *Recueil de M. Krafft* (*Planche XXXIV*), on trouve deux systèmes de combles proposés par M. Styerme, charpentier de Wurtemberg. Le premier, représenté par la Figure 1, Planche CIX, consiste :

1°. A tracer un carré dont chaque côté est égal à la moitié de la largeur de l'édifice à couvrir, dont on tire la diagonale pour exprimer la pente.

2°. Du point E où les deux diagonales se coupent, on tire une horizontale EF qui coupe CD en deux; et du point F la ligne FG, qui détermine en M la position du se-

Cette combinaison peut être faite de plusieurs manières différentes. Dans celle indiquée par la Figure 4, Planche CIX, on suppose que la

cond entrait, et en K celle d'une clef pendante ou poteau qui pose sur le grand entrait AD.

3°. Après avoir élevé du point K une verticale qui coupe BC en S, on tire SG qui détermine au point O la position du troisième entrait et la longueur du poinçon.

4°. On élève du point M une autre verticale qui détermine sur BC un point R duquel on tire GR. L'intersection de cette ligne avec celle du dessous du troisième entrait, indique la position d'un autre poteau ou clef pendante qui pose sur le second entrait.

M. Kraft ne donne aucune explication des principes sur lesquels ces procédés peuvent être fondés; mais cette combinaison ne présente pas une solidité proportionnée au nombre de pièces de bois dont elle est formée. Les clefs pendantes L chargent plutôt qu'elles ne soulagent les entraits dans leur portée, parce qu'elles ne sont pas assez soutenues par les pièces H et I qui sont isolées.

Il y a des cas où les seconds entraits ont besoin d'être doublés comme les arbalétriers; on soutient alors les pièces qui les doublent par des contre-fiches P isolées des arbalétriers. Lorsqu'elles ont une certaine longueur, il est bon de les lier avec les moises qui doivent soutenir le grand entrait ainsi qu'on le voit indiqué par la Figure 3.

OBSERVATION.

Les Figures 1 et 2 méritent une attention particulière, en ce qu'elles présentent l'emploi d'un moyen en usage dans le Nord, et dans les pays situés au milieu des montagnes, pour maintenir invariablement les fermes d'un comble contre la violence des ouragans auxquels les bâtimens sont exposés. Ce moyen consiste dans l'établissement d'une suite de châssis inclinés sous chaque pente. Ces châssis sont formés sur la longueur, par deux cours de pièces Y, désignées sous les noms de hautes et de basses lisses, entaillées dans les entraits, dans lesquelles sont s'assembler, sur la hauteur, de faux arbalétriers X, placés au droit de chaque ferme. L'intérieur est garni de croix de Saint-André ou de goussets dans les angles. Il résulte de cette disposition, pour chaque côté du comble, une armature analogue à celle des anciens faîtages qui, réunie avec les liernes, les pannes et les sablières, contribue à former un ensemble d'une solidité à toute épreuve. Les combles ainsi renforcés se nomment *Liegender-Dachstuhl*, ou à fermes couchées.

La Figure 7 présente un autre système proposé par M. Styerme, pour les combles dont la hauteur ne doit être que le tiers de la largeur. Son procédé consiste 1°. à diviser la demi-base AB en six parties égales;

2°. Avec un rayon qui comprend deux de ses divisions, on décrit le quart de cercle IS;

3°. Du point S on mène une horizontale qui détermine, au point O, le dessus du faux entrait, le milieu d'un des faux poinçons ON, et le bas d'une des moises F;

4°. Du point A avec le rayon AH comprenant quatre divisions, on décrit un autre quart de cercle qui détermine la hauteur du poinçon;

5°. Après avoir divisé DS en deux parties égales, on a mené une ligne horizontale intermédiaire qui a donné le point E où doit aboutir le haut des moises.

Il résulte de ce procédé, purement graphique, une ferme mieux combinée et plus solide que celle donnée par le premier système de M. Styerme, Figure 1; mais elle est beaucoup trop lourde pour l'usage ordinaire. La Figure 7 indique les modifications dont elle nous a paru susceptible.

ferme est assez considérable pour être divisée en trois étages séparés par des entraits; mais comme les pièces de bois qui forment les principaux triangles auraient une trop grande portée, on les a soutenues dans leur milieu par des moises verticales FH et GI, qui les relient avec les entraits. Il est bon de remarquer que cette combinaison peut se passer de poinçon, ce qui obstrue moins les espaces entre les entraits, si l'on veut y pratiquer des planchers pour des greniers.

Pour établir cette ferme, on a 1°. divisé la hauteur BE en trois parties égales.

2°. Par les points de division 1 et 2 et le point C, on a tiré des lignes prolongées jusqu'à la rencontre du côté AB aux points F et G.

3°. De ces points F et G, on a tiré les horizontales GG et FF qui indiquent la position des entraits intermédiaires.

4°. Après avoir tiré les lignes AK, CK et FL, qui indiquent des contre-fiches ou faux arbalétriers, on a tiré les verticales FH, GI, pour indiquer les moises qui doivent les soutenir dans leur portée et les relier avec les entraits et les arbalétriers.

La Figure 5 présente une combinaison de triangles réguliers, formée par des verticales pour les poinçons, des horizontales pour les entraits, et des parallèles aux arbalétriers pour les contre-fiches.

Pour tracer cette ferme, on a 1°. divisé le grand entrait AC en quatre parties égales.

2°. Des points de division I et E, on a mené les verticales IF et EB; les parallèles DI, EF, I*d*, aux arbalétriers BA et BC; et une parallèle AC, qui passe par les points F,G,F.

Cette combinaison produit des fermes très-solides, mais elle a l'inconvénient d'obstruer l'intérieur davantage que le système précédent.

Lorsque les fermes n'ont pas une charge extraordinaire à soutenir, on peut supprimer les deux croix de Saint-André H et K et la partie de poinçon GE.

On a représenté, par la Figure 6, une autre combinaison formée par des lignes tirées des extrémités A et C de l'entrait. Ces lignes se croisent au milieu aux points 1 et 2 qui divisent BE en trois parties égales.

Les pièces que ces lignes représentent seraient entretenues par des moises FH, et le poinçon B, qui divisent les angles F et B en deux également.

Quoique cette combinaison n'ait pas de second entrait, elle produit

des fermes aussi solides que les précédentes. C'est la dimension des fermes, leur espacement et la charge qu'elles ont à soutenir, qui doivent décider de la combinaison qu'il convient le mieux d'adopter; mais il ne faut pas perdre de vue que la régularité et la symétrie tendent encore à leur donner plus de force et de solidité.

En général, les fermes des combles peuvent être considérées comme les principales poutres des planchers, les pannes comme les solives d'enchevêtrure, et les chevrons comme les solives de remplissage.

Nous avons fait voir, en parlant des poutres, que lorsqu'elles sont trop faibles, on peut les fortifier par des espèces d'arbalétriers auxquels ces poutres servent de base. Il est évident que plus ces arbalétriers sont élevés au-dessus des poutres, plus ils ont de force pour les soutenir; d'où il résulte qu'une ferme de charpente composée d'un entrait et de deux arbalétriers, a beaucoup plus de force pour soutenir les parties qui y répondent, qu'une poutre. Cependant, lorsque les arbalétriers n'ont pas une grosseur proportionnée à leur portée, la charge des pannes peut les faire fléchir dans le milieu. Dans ce cas, le moyen le plus simple, pour empêcher cet effet, est de les contre-buter par une pièce de bois horizontale *g*, Figures 1, 2 et 3, Planche CVII, appelée faux entrait. Dans les fermes qui ont un poinçon, on peut soutenir le milieu des arbalétriers par le moyen de deux contre-fiches *h*, Figure 3, assemblées dans le poinçon.

Nous allons d'abord examiner quelle doit être la position de ces contre-fiches et dans quel cas il faut préférer les faux entraits.

La position la plus avantageuse d'une pièce de bois qui doit en soutenir une autre horizontale ou inclinée, pour l'empêcher de fléchir, est d'être placée, perpendiculairement à sa direction, dans le milieu de sa portée : d'où il résulte que les contre-fiches qui s'assemblent dans le poinçon des fermes, devraient être préférées aux faux entraits. Cependant comme la pesanteur agit toujours selon une direction verticale, il en résulte que celle des contre-fiches, quoique perpendiculaire aux arbalétriers qu'elles soutiennent, se trouve oblique à la verticale, en sorte qu'elles agissent avec un effort mixte qui transporte une partie de l'effort des pannes sur le poinçon. D'autre part, si l'on fait attention que les arbalétriers ne peuvent fléchir sans qu'il se fasse un rapprochement du côté du poinçon, on verra qu'une pièce horizontale, telle qu'un faux entrait, peut empêcher ce rapprochement sans charger le

poinçon. Ce dernier moyen est celui qui convient le mieux pour les combles surbaissés qui ont beaucoup de largeur et une grande charge à porter, tels que ceux couverts en tuiles romaines ou en tuiles creuses. Il a été employé avec succès pour les fermes de la charpente du comble de la basilique de Saint-Paul hors-les-murs à Rome, Figures 4 et 5, Planche CV, dont nous avons ci-devant expliqué les détails.

La disposition la plus convenable pour ce genre de ferme, est de placer le faux entrait *g*, aux deux tiers de la hauteur du poinçon, en doublant la partie inférieure des arbalétriers par des pièces qui s'assemblent avec les grands entraits, comme on le voit à la Figure 4.

Pour les fermes des combles très-surhaussés, on pourrait placer deux faux entraits qui divisent leur hauteur en trois. Lorsque ces entraits sont d'une grandeur considérable, on peut les soutenir dans leur portée par des liens, comme on le voit dans la Figure 1 de la Planche CVII.

Les fermes des combles qui forment un angle droit au sommet, peuvent être maintenues par un seul faux entrait, posé à la moitié de leur hauteur, Figure 2

Lorsqu'on veut faire usage de contre-fiches, pour empêcher qu'elles ne chargent le poinçon, il faut qu'elles forment, à leur réunion par le bas, un angle égal à celui que forment les arbalétriers par le haut, c'est-à-dire que chacune soit parallèle à l'arbalétrier qui est de l'autre côté du poinçon. Car, si l'on considère les parties DC et EC, Fig. 7, 8 et 9, comme deux puissances qui agissent de bas en haut, le résultat de leur effort vertical sera exprimé par le double de CG, tandis que l'effort des puissances DF, EF, qui agissent de haut en bas, donne pour résultat le double de GF. Or, comme dans ce cas GC est égal à GF, il en résulte que l'effort des contre-fiches, qui tend à charger le poinçon, est détruit par celui des parties supérieures d'arbalétriers auxquelles elles correspondent.

Lorsque l'angle formé par un comble est un angle droit, les contre-fiches FD, FE, Figure 4, sont perpendiculaires aux arbalétriers, et ont, par conséquent, la direction la plus avantageuse. Dans les combles surhaussés ou surbaissés, Fig. 5 et 6, la direction des contre-fiches, en devenant oblique, fait qu'elles agissent avec moins d'avantage. Si, pour avoir plus de force, on cherche à donner aux contre-fiches moins d'obliquité, leur effort vertical sur le poinçon devient plus grand que celui des arbalétriers dans les combles surbaissés, et moins grand dans

les combles surhaussés; d'où il résulte que les contre-fiches ont moins d'inconvéniens pour les combles surhaussés. Lorsqu'on veut en faire usage pour ces espèces de combles, il faut leur donner une direction moyenne, qu'on trouvera en menant d'abord du point F, Figures 5 et 6, une parallèle FD au côté CB; élevant du même point une perpendiculaire FD'' au côté AC, on partagera l'angle 1, 2, F en deux parties égales au point 3, par lequel on mènera FD', qui sera la direction cherchée.

Mais, comme nous l'avons dit plus haut, l'usage des faux entraits offre un moyen beaucoup plus simple de soutenir les arbalétriers dans leur portée, et qui, n'ajoutant rien à leur action, a l'avantage de ne rien diminuer de leur force.

Principes de la disposition des élémens des fermes, appliqués à la charpente des combles de plusieurs édifices.

La Figure 10 représente une des fermes du comble de l'ancienne salle de spectacle de la ville de Lyon, exécutée sur les dessins de Germain Soufflot.

On voit qu'on a voulu détruire dans cette ferme l'effort des contre-fiches AB, CD, qui tendent à charger le poinçon, en leur opposant des pièces GH inclinées en sens contraire, qui tendent à le soulever avec une force à peu près égale à l'effort des contre-fiches. Ces pièces sont arrêtées par le bas par des moises pendantes K, suspendues aux grands arbalétriers E, et contre-butées par un faux arbalétrier CL, et par deux contre-fiches CD et HF.

Cette ferme, qui a moins du quart de sa base en élévation, et qui porte une couverture d'un tiers plus pesante que celles en tuiles plates, est assez bien combinée pour ne pas charger l'entrait MN, le poinçon et les moises pendantes étant isolés au-dessus.

Cependant, il aurait mieux valu que les faux arbalétriers CL n'eussent pas été isolés des vrais arbalétriers. Si l'on compare cette ferme à celles du théâtre d'Argentine, et de celui de l'ancienne salle de l'Odéon de Paris, on trouvera qu'elle aurait pu être moins compliquée.

Nous avons appliqué à cette ferme la règle ci-devant indiquée pour la direction des contre-fiches.

Les deux fermes de charpente de la Planche CVIII, sont celles des

combles de la nouvelle église de Sainte-Geneviève. Comme celles du portail, Figure 1, ne pouvaient pas avoir d'entrait par le bas parce que la voûte pénètre trop avant dans le comble, et qu'il fallait cependant empêcher tout effort à l'extérieur, afin d'arrêter, plutôt que d'augmenter la poussée de cette voûte, on a suppléé ces entraits par des moises C, C, dont les unes relient le pied des poteaux B, B, sur lesquels ces fermes sont établies, avec les poinçons A, A; et les autres servent d'entrait pour empêcher l'écartement des arbalétriers. Ces arbalétriers, qui supportent chacun trois rangs de pannes, sont soutenus dans leur portée par des pièces de bois L, L, qui les doublent et qui sont butées, d'une part par des contre-fiches F, F, assemblées dans le poinçon A, et de l'autre par des jambes de force E, E.

Il faut remarquer que les directions de ces pièces de bois, étant prolongées, se rencontrent au point G, déterminé par une verticale tirée du point N, également éloigné des points I et K, où ces directions rencontrent le dessous de l'arbalétrier, en sorte qu'ils se combinent le plus avantageusement possible pour soutenir avec la doublure L, l'espace compris entre I et K. Cette ferme a 58 pieds 4 pouces de portée.

La ferme représentée par la Figure 2, qui est une de celles des combles au-dessus des nefs, ayant sa partie du milieu garnie d'un entrait, n'a eu besoin que des moises C, pour retenir les pieds des poteaux B, B, qui la soutiennent, afin d'éviter l'écartement par le bas de ces poteaux; et des demi-fermes qui portent sur les murs extérieurs.

On a représenté par la Figure 9, Planche CIX, la moitié d'une des fermes d'un comble de 80 pieds de largeur, construit sur les murs d'une ancienne église qui sert de salle d'exercice pour les troupes pendant l'hiver et les mauvais temps; elle est tirée du Recueil de Charpente de M. Krafft, 2e partie (*Planche XXXVI bis.*)

Cette ferme ne présente dans la combinaison de ses pièces ni principes ni régularité. A l'exception de la jambe de force C, les autres pièces placées sous le grand entrait contribuent plutôt à le surcharger, qu'à le soutenir. Les moises horizontales B, E, les clefs pendantes I, les doubles arbalétriers F, et les contre-fiches D, quoique mal disposés, suffisaient sans les grandes moises GH et les autres pièces qui y tiennent.

La Figure 10 offre, pour le même comble, une combinaison de ferme

plus simple et plus régulière, qui produirait plus de solidité avec moins de bois et de dépense.

Le grand entrait AB se trouve fortifié en dessous par des jambes de force CC, et par des doubles chapeaux D, qui diminuent sa portée de moitié; il est de plus soutenu par une moise pendante E, en sorte qu'il pourrait être composé dans sa longueur, de trois pièces assemblées à trait de Jupiter.

Le second entrait F est fortifié par une doublure G soutenue à chaque bout par une contre-fiche H qui bute contre une plate-forme I, pour ne pas affaiblir le grand entrait par des entailles.

L'arbalétrier K, qui porte trois rangs de pannes, est soutenu, 1°. par le second entrait F qui forme moise; 2°. par une armature composée d'une doublure L, contre-butée d'une part par une jambette M en continuation de la jambe de force C, et de l'autre par une contre-fiche N, qui s'assemble dans le poinçon O.

Pour procurer une plus grande fermeté dans la réunion des pièces, on peut garnir tous les angles aigus par des tasseaux *p*, ainsi que je l'ai vu pratiqué dans plusieurs charpentes d'Italie, et que Serlio l'indique au Chapitre LXXIII du Livre VII de son Traité d'Architecture. Dans quelques-unes, il s'en trouve dans le bas du poinçon, pour éviter de l'entailler par des mortaises.

La Figure 1 de la Planche CX représente une des fermes du comble du théâtre d'Argentine, à Rome; sa longueur dans œuvre est d'environ 75 pieds et demi; elle est composée de deux arbalétriers formant des pentes inclinées de 24 degrés, et assemblés par le haut dans un petit poinçon sans contre-fiches. Ils portent par le bas sur un grand entrait avec lequel ils sont reliés par des liens de fer. Cet entrait est en trois pièces sur la longueur, assemblées à trait de Jupiter.

Chacun des arbalétriers est chargé de douze rangs de pannes qui portent de forts chevrons; ils ne sont espacés que de 9 à 10 pouces, et soutiennent une couverture fort lourde en tuiles. Chacun de ces arbalétriers est en deux pièces assemblées aussi à trait de Jupiter.

Cette ferme est fortifiée à l'intérieur par une armature composée d'un second entrait et de deux contre-fiches ou faux arbalétriers, assemblés avec deux faux poinçons. Ces trois poinçons servent surtout à soulager la portée des entraits par le moyen d'étriers de fer. Cette dis-

position produit une ferme très-solide et capable de soutenir, eu égard à la force des bois, indépendamment de la couverture, l'effort des machines de théâtre et le poids des ciels et des plafonds qui y sont suspendus.

La Figure 2 représente une des fermes de l'ancienne charpente du théâtre de l'Odéon, faite à l'imitation de celle du théâtre d'Argentine. La longueur dans œuvre de cette ferme est de 73 pieds. La pente formée par les arbalétriers est de 34 degrés, ce qui fait que les étriers qui soutiennent les entraits sont beaucoup plus longs. Cette ferme est moins forte que celle du théâtre d'Argentine; mais elle soutient une couverture moins pesante, et elle est en bois de chêne, tandis que celle d'Argentine est en sapin. La combinaison de cette ferme laisse peu de choses à désirer; cependant, je pense qu'elle serait mieux si le poinçon du milieu était maintenu par deux contre-fiches, et si l'on substituait aux deux faux poinçons et aux étriers de fer qui y répondent des moises pendantes, comme on le voit indiqué par la Fig. 3. Ces moises, qui agissent également comme tirans et comme butées, maintiendraient les pièces avec plus de fermeté et de solidité. Comme ces pièces réduisent la portée du grand entrait à moins de moitié, on pourrait supprimer l'étrier de fer qui correspond au poinçon du milieu.

Nous avons réuni dans la Planche CXI deux fermes de comble de salles d'opéra, qui exigent plus de force à cause des machines qu'on a coutume d'y placer pour le jeu des décorations dans les changemens à vue. La Figure 1 représente la moitié de l'une des fermes de l'ancien Opéra de Paris.

Si l'on admet que la position des moises B et C, qui forment le second et le troisième entraits, soit donnée, on trouve que le troisième entrait C, qui entretient les arbalétriers, le poinçon et les contrefiches qui s'y assemblent, forment une bonne combinaison d'assemblage pour la solidité.

Quant aux autres pièces qui garnissent l'intérieur de la ferme, elles ne sont pas combinées d'une manière aussi avantageuse; les espaces ne sont pas distribués assez également; on voit des endroits où les assemblages sont trop rapprochés, et d'autres où ils sont trop éloignés. On peut supprimer les jambettes F et K, qui posent sur les entraits B et A, en des points qui ne sont pas soutenus; de même que la contre-fiche G et le lien H assemblés dans un poteau d'aplomb, qui pose à faux sur le

grand plancher du bas. Au lieu de toutes ces pièces, il aurait été plus convenable de placer des poteaux Q et R, Figure 2, en prolongement de ceux de dessous, avec une jambe de force O, pour soutenir le bout d'entrait A, et une moise au-dessus P suivant la même direction pour soulager la portée du second entrait B, et l'arbalétrier au point S; enfin, une contre-fiche T assemblée dans le poteau V placé en dedans du mur de face, pour lui faire porter une plus grande partie du poids de la ferme et soulager le poteau Q. On reconnaîtra facilement que dans cette nouvelle disposition, les pièces de bois étant distribuées plus également, il doit en résulter une ferme plus solide, quoique composée d'une moindre quantité de pièces.

La Figure 3 représente une demi-ferme du grand théâtre de Bordeaux, formant une espèce de toit brisé en mansarde.

Il est évident que le pli de ce comble devrait être retenu par un entrait G, comme on le voit Figure 4, et que l'entrait B qui est posé plus bas, Figure 3, ne produit pas le même effet, malgré les armatures formées par les moises C, D, E.

L'entrait G, Figure 4, qui formerait un triangle avec les arbalétriers du haut, et qui serait subdivisé en quatre autres par le poinçon et les liens K, produirait une combinaison très-solide. Il en est de même des triangles formés par les arbalétriers du bas N, et l'entrait G, réunis par les contre-fiches H.

D'une autre part, le grand entrait A, soutenu en dessous par des liens O et des contre-fiches L, qui butent contre la doublure M, se trouverait dans le cas de soutenir un plancher et une charge considérable, au moyen des moises pendantes I, I, qui réunissent d'une manière très-solide les trois parties de cette ferme, et la rendent capable de résister aux plus grands efforts.

On peut remarquer dans cette Figure une combinaison plus régulière et une distribution plus égale, deux conditions essentielles, comme nous l'avons déjà dit, pour la composition des fermes.

Salle d'exercice de Moscou.

Il paraît certain que, jusques vers le milieu du siècle dernier, les fermes des combles des anciennes basiliques de Rome, qui ont à peine 80 pieds d'étendue, passèrent pour les ouvrages les plus hardis et les

plus considérables qu'on pût exécuter en charpente; et l'on peut dire, qu'avant l'établissement du pont de Wettingen et de la salle d'exercice de Darmstadt[1], on ne connaissait pas encore toutes les ressources que cette branche de l'art de bâtir pouvait offrir à l'architecture.

Bien que depuis le pont de Wettingen les procédés de la construction en charpente aient reçu des perfectionnemens considérables, on n'osa cependant nulle part porter l'ouverture de arches à la dimension que celle-ci avait eue; circonstance qu'on peut regarder, avec raison, comme une preuve de l'inquiétude que cet ouvrage avait fait concevoir sur sa durée. Mais si l'on dut à cette tentative hardie, d'avoir agrandi et fixé avec certitude les limites que la raison doit prescrire dans ces sortes d'ouvrages, on put également en tirer cette conséquence que, dans la charpente des combles, on était loin d'avoir atteint le dernier degré de la possibilité.

La salle d'exercice de Darmstadt, construite à peu près dans le même temps, fut long-temps l'édifice le plus remarquable pour sa grande largeur; mérite qu'on ne peut lui contester, mais qui ne décide en rien de celui de sa charpente, qui n'offre qu'une combinaison confuse d'élémens secondaires, ainsi qu'on peut en juger par la Figure que nous en donnons Planche CXII, dans l'intention de constater l'état de l'art à cette époque.

On peut donc dire, avec vérité, qu'il manquait à l'art un œuvre qui pût faire leçon en ce genre, pour ces occasions si rares dans la pratique. La salle de Moscou vient enfin de combler cette lacune, et l'architecture n'est pas moins redevable à son auteur, M. de Bétancourt, pour la création d'un pareil ouvrage que pour la publicité qu'il a donnée aux intéressans détails de sa construction.

La description que M. de Bétancourt en a donnée[2], nous ayant paru aussi précise que profitable pour l'instruction, nous croyons ne pouvoir mieux faire que de la transcrire littéralement.

[1] Bâtie en 1771, sur un plan rectangulaire de 288 pieds dans un sens, sur 136 pieds de l'autre.

[2] *Description de la Salle d'exercice de Moscou*, par M. de Bétancourt, lieutenant-général au service de S. M. l'empereur de Russie, directeur général des voies de communication, etc., etc. Saint-Pétersbourg, de l'imprimerie de P.-P. Pluchart; 1819.

INTRODUCTION.

« Les premières salles d'exercice, sur de grandes dimensions, datent » du milieu du siècle dernier. Elles furent établies dans quelques états » de l'Allemagne, où la sévérité du climat s'opposait à une instruction » continue du soldat, pendant des hivers longs et rigoureux. Celle de » Darmstadt [1] passe pour une des plus grandes et des plus anciennes.

» L'empereur Paul, dans ses voyages, fut frappé de la convenance de » ces sortes d'édifices, avec le climat des provinces de son empire. Plu- » sieurs salles d'exercice furent bâties à Saint-Pétersbourg, par ses » ordres, dont la plus étendue était, jusqu'à ce jour, celle du palais » Saint-Michel, qui a 112 pieds de largeur sur 517 pieds de longueur.

» Sa majesté l'empereur ayant pris la résolution de passer l'hiver » de 1817 à 1818 à Moscou, avec toute la famille impériale, et ayant » des troupes nombreuses à sa suite, fit faire différens projets pour » construire une salle d'exercice dans cette ancienne capitale, où il n'y » en avait jamais eu [1], et me donna l'ordre de les examiner. Quoique » les plus grands de ces édifices ne fussent projetés que sur des lar- » geurs de 105 à 113 pieds, il s'en fallait de beaucoup, à mon avis, que » la composition des charpentes offrît une sécurité complète sur leur » solidité; ce qu'ayant déclaré à Sa Majesté, elle me chargea de m'oc- » cuper de cet objet dans le plus bref délai. En lui présentant mon » projet, (Planche CXIII), je lui demandai la permission d'exécuter en » grand un couple de fermes, telles que je les croyais nécessaires pour » servir de couverture à cet édifice.

Construction de deux fermes, et expériences sur la résistance dont elles étaient capables. (Planche CXIV.)

» L'entrait AB, Figure 1, dont les deux extrémités devaient porter » sur des murs de 8 pieds [2] d'épaisseur, avait 160 pieds de longueur » totale, et il était composé de deux files de poutres de 11 pouces d'é

[1] Celle qu'on trouve dans le Recueil de M. Krafft, 2e. partie, No. 39, et dont la description va suivre, n'a jamais existé qu'en projet : c'est ce que nous apprenons d'une manière formelle par la déclaration de M. de Bétancourt.

[2] Nous conservons ici l'énoncé des mesures, bien qu'exprimées en pieds anglais, afin de présenter cette belle composition dans toute la simplicité de ses rapports. Au reste, on sait que le pied anglais est au pied français, comme 0,9382 est à 1.

» quarrissage, l'une sur l'autre, ce qui formait une seule poutre de » 22 pouces sur 11. Ces poutres étaient assemblées à trait de Jupiter, » et jointes ensemble par des boulons d'un pouce de diamètre, espacés » de 3 pieds en 3 pieds. Les doubles clefs en bois de chêne, *b*, *b*, *b*, *b*, » étaient chassées dans des entailles pratiquées, en parties égales, dans » les deux files de poutres, pour empêcher le glissement horizontal. » Nous verrons que ces précautions n'étaient pas suffisantes, et les » changemens que j'ai cru devoir y faire.

» Des deux extrémités A, B, de ce double entrait, dont le milieu D » s'élevait de 12 pouces de flèche, partent les grands arbalétriers AC, BC, » qui s'arc-boutent contre le poinçon CD, du milieu, qui a 32 pieds de » long, c'est-à-dire un cinquième de la portée totale, ce qui forme avec » l'entrait un angle de 21 degrés 48 minutes. On voit au-dessous trois » couples de faux arbalétriers, *aa*, *a' a'*, *a'' a''*, qui aboutissent à des » faux poinçons P, P', P'', contrebutés eux-mêmes, deux à deux, par de » faux entraits, EE, E'E', E''E''. Tous ces arbalétriers, liés entre eux » par des boulons *q*, *q*, sont retenus sur l'entrait principal, par de » doubles talons; et tout le système sur ce point est relié avec quatre » bandes de fer *t*, *t'*, *t''*, *t'''*, perpendiculaires à l'arbalétrier, bien ser- » rées, à vis et écrous, et parfaitement ajustées sur les pièces qu'elles » doivent réunir.

» Le principal artifice de cette charpente consiste dans les têtes en » fer de fonte, qui couronnent les poinçons et faux poinçons, en sorte » que les bois qui se contrebutent, ne sont jamais en contact direct[1] » On voit en F, Figure 2, la projection d'un faux poinçon, composé de » deux moises pendantes, armé d'une tête en fonte, vue de biais sur ses » faces en E et en G. Il est à remarquer que cette pièce de fonte est » percée d'un trou *m*, pour faire passer un boulon qui porte à chaque » côté un étrier fourché par bas, en fer forgé, dont les extrémités re-

[1] Je crois qu'on doit admettre pour principe, que les bois de longueur ne doivent jamais directement, ou indirectement, exercer leur effort de pression contre d'autres pièces de bois, non-seulement à plat, mais même dans le sens de la longueur de leurs fibres. La compressibilité des bois fait changer la figure de la charpente, ce qui souvent est la cause d'un commencement de ruine. Il y a huit ans que, dans la construction du pont de Kamennoi-Ostrow, composé de sept grandes arches en bois, dont celle du milieu à 84 pieds d'ouverture, je m'avisai, pour la première fois, de faire poser les arcs de cercle très-surbaissés sur des boîtes ou semelles en fonte de fer. Au décintrement, ces arcs ne baissèrent pas *d'une ligne*, et depuis que le pont est construit, on n'a pas pu remarquer le moindre affaissement. (*Note de M. de Bétancourt.*)

» çoivent d'autres boulons g, g, g, traversant les pièces qui forment
» les moises pendantes, et qui les lient à leurs têtes de fonte. Ces étriers
» n'ont d'autre objet que de soutenir les moises qui forment les faux
» poinçons, en cas que la fonte eût par hasard quelques défaut inaper-
» çus qui pourraient en occasioner la rupture.

» La poussée des faux entraits est supportée par des contre-fiches
» HH, H'H', H''H'', dont la partie supérieure s'arcboute contre les têtes
» en fonte, et la partie inférieure s'appuie contre les semelles en fer de
» fonte B', B', qui, au moyen de quatre boulons, serrent fortement les
» doubles entraits au droit des traits de Jupiter.

» Deux fermes pareilles, espacées de quatorze pieds, furent liées par
» des moises N, N, N, N, près des têtes des faux-poinçons et du grand
» poinçon, Fig. 1, et aussi avec des croix de Saint-André, Fig. 3. Elles
» furent posées sur trois rangs de sablières, telles que R, R, R, Fig. 1,
» élevées à cinq pieds de terre, au moyen de deux murs en briques.
» Pour s'assurer des mouvemens qui pouvaient avoir lieu dans la forme
» de l'entrait, on avait placé, de distance en distance, des règles verti-
» cales, graduées et appliquées de très-près à l'entrait; et des fils d'a-
» plomb devaient tenir compte des mouvemens horizontaux. Quant on
» eut ôté les échafauds, et que les fermes appuyèrent sur leurs seules
» extrémités, elles descendirent dans le milieu, l'une de 3 pouces,
» l'autre de 3 pouces et demi.

» Il suffisait, pour l'expérience, de poser sur les entraits des planches
» mobiles, pour recevoir les poids qui devaient les éprouver. Je fis char-
» ger sur ces planchers 5,000 briques, pesant 1,000 pouds (33,000 livres,
» poids de marc). L'effet en fut presque insensible; 5,000 autres bri-
» ques, en serrant tous les assemblages, *firent baisser de 9 à 10 lignes*
» *l'entrait, d'une manière assez uniforme*, mais non pas permanente, car
» l'humidité et la sécheresse de l'air le faisaient, en quelque sorte,
» osciller dans les limites de deux à trois lignes.

» Il fallait prévoir une circonstance relative au climat; les bâtimens
» à deux versans, situés Est et Ouest, sont également atteints par les
» neiges; mais les variations de l'atmosphère sont assez fortes, même
» dans les hivers les plus rigoureux, pour diminuer considérablement
» celles du versant au Midi, tandis que celles opposées au Nord, s'ac-
» cumulent sans diminution sensible jusqu'au printemps. Pour imiter
» cette inégalité de charge sur un des deux versans seulement, je fis

» poser 5,000 briques, et l'effet en fut imperceptible, tant aux indicateurs qu'aux fils d'aplomb.

» Je fis augmenter alors la charge de dix milliers de briques, réparties sur le toit et sur le plancher, et la flèche de 12 pouces de l'entrait n'avait diminué que de 4 pouces et demi, c'est-à-dire qu'il lui restait encore 4 pouces et demi au-dessus de la ligne horizontale; mais les clefs en bois de chêne, forcées tant dans les traits de Jupiter, que dans les doubles coches des entraits, étaient violemment comprimées, et n'avaient pas empêché le glissement d'une poutre sur l'autre, comme il est indiqué dans la Figure 4. Les boulons verticaux ne pouvaient pas s'opposer à cet effet horizontal; c'était donc là qu'était véritablement la partie faible de la ferme, et, jugeant que l'expérience répondait d'ailleurs à toutes les conditions de solidité désirables, je renonçai à les écraser sous la charge, comme je me l'étais proposé. Je remédiai tout de suite au glissement, en faisant des encoches alternatives aux deux poutres de l'entrait, comme on le voit par la Figure 5.

» Ces deux fermes, outre leur propre poids et celui du plancher, ont donc supporté une surcharge de 5,000 pouds (165,000 livres, poids de marc), c'est 2,500 pouds pour chacune d'elles (82,500 livres poids de marc), ce qui est infiniment plus considérable que le poids de la toiture et du plancher, sur 14 pieds courans de couverture, et tout le poids de la neige qu'on pouvait prévoir qu'elle aurait à supporter. »

OBSERVATIONS.

Nous avons vu précédemment, qu'en principe, trois pièces de bois pouvaient suffire pour composer une ferme; mais que, passé certaine dimensions, la flexibilité des bois nécessitait l'emploi de moyens secondaires pour assurer l'effet de cette disposition élémentaire.

Ici, toute la difficulté consiste à trouver dans l'espace des points d'appuis artificiels, capables de maintenir les bois dans la direction nécessaire à leur action dans le système. Dans les fermes dont il s'agit, comme dans celles des combles antiques, l'auteur emprunte cette force auxiliaire aux extrémités de l'entrait, en inscrivant trois armatures ou espèces de fermes dans la première, dont les butées lui procurent trois points de résistance R, Figure 1, dans la longueur de chaque arbalé-

trier. Il profite ensuite, toujours d'après le même modèle, de l'effort de pression qu'exercent les faux entraits contre les faux arbalétriers, pour engager entre eux la tête de faux poinçons qui forment moises, et vont soutenir le grand entrait sur six points de sa portée.

Cependant, comme, eu égard à leur grandeur et à leur direction, les faux entraits n'opposent qu'une résistance en quelque sorte passive à l'effort des faux arbalétriers, il en résulte que la tête des faux poinçons sur laquelle repose en grande partie tout le jeu du système d'armature, n'aurait pas été suffisamment maintenue de cette manière. C'est pourquoi l'auteur a cru devoir augmenter la force de pression par le moyen de contre-fiches dirigées en sens contraire des faux arbalétriers, et qui forment avec eux autant de petites fermes particulières. Tout en rendant justice au mérite d'une combinaison dont l'expérience a pleinement constaté la solidité, nous croyons ne pouvoir nous dispenser de consigner ici les observations que son examen nous a fait naître.

Il est évident que, dans ce système, la rectitude des pentes se trouve puissamment maintenue sur tous les points par la butée des faux arbalétriers contre les faux entraits; mais à l'égard des faux poinçons qui doivent maintenir les entraits et faux entraits dans leur direction, on ne peut se dissimuler que leur charge n'augmente en raison de l'élévation du comble, sans que leur force de résistance reçoive aucun accroissement, et que le poinçon, sur qui s'exerce le plus grand effort, ne soit trop faiblement suspendu par l'extrémité des arbalétriers qui l'étayent.

En se rappelant ce que nous avons dit précédemment au sujet de l'emploi des contre-fiches, on reconnaitra facilement que l'effort qu'elles exercent ici contre les faux arbalétriers, est en raison directe de la charge qu'elles occasionent sur les entraits et faux entraits : ainsi, il résulte de cette disposition, que l'effort des têtes des faux poinçons sous le poids qu'elles ont à soutenir, se décompose en deux actions. dont l'une se reporte sur les extrémités de l'entrait où elle trouve un appui solide; tandis que l'autre se transmet par les contre-fiches jusque sur le poinçon dont elle aggrave encore la charge. Au lieu de diriger aucune action sur le milieu, qui est la partie la plus faible du système, il eût peut être été préférable de chercher à lui procurer quelqu'appui en fixant l'extrémité des contre-fiches aux bouts des entraits et faux entraits, dont l'effort de pesanteur se trouve reporté aux pieds du comble, comme on le voit indiqué par C. sur la Figure 8.

Les moyeux de fonte dans lesquels les bouts des faux entraits, contre-fiches et faux arbalétriers, pénètrent *comme dans l'œil d'un marteau*[1], nous paraissent bien préférables aux lames de plomb proposées en pareil cas par divers auteurs[2], ainsi qu'aux plaques de ferblanc dont on fit usage au pont de Schaffhouse[3] : mais au lieu d'en composer la tête des moises pendantes, formant faux poinçons, ce qui produit une masse de fer d'un poids énorme *a*, *b*, *c*, Figure 2, et dont la solidité peut être suspecte, il eût mieux valu réduire cet appareil à une simple boite *d*, comprise entre lesdites moises, qu'on eût prolongées jusqu'au dessus des arbalétriers, comme on le voit en F, Figure 8. Ce moyen eût non-seulement contribué à assurer l'effet du système, mais encore à augmenter son action et sa force.

Il parait que, chez les anciens, la longueur connue des plus grands arbres fut considérée comme le terme naturel de l'étendue de certains ouvrages de charpente, et particulièrement de la largeur des combles[4]. L'idée d'affranchir l'art d'une condition qui dut souvent restreindre ses entreprises, et de suppléer, pour ainsi dire, à l'impuissance de la matière pour fournir à de plus grandes dimensions, constate d'une manière bien évidente les progrès des modernes en ce genre. Cependant, l'extension du système de la charpente antique, au delà de ses données primitives, devait rencontrer dans la force éprouvée des bois, *sur laquelle il ne doit jamais être permis de compter entièrement*, des limites auxquelles la prudence commanda de s'arrêter, et le comble de la salle d'exercice de Moscou nous parait approcher de très-près de ce dernier terme. En effet, au delà de cette dimension on courrait le risque de

[1] Un procédé analogue a été employé avec succès dans la composition des cintres du pont de Waterloo, dont il est question au Chapitre II de la III[e]. Section de ce Livre.

[2] Mathurin Jousse propose l'emploi de lames de plomb dans la jonction des pièces par leurs abouts, à l'occasion des poutres armées. Voyez ci-devant, page 69.

C. Perrault conseille le même moyen, en pareille circonstance, dans son Mémoire sur le pont d'une seule arche, projeté sur la Seine, au devant de Sèvres.

[3] Voyez Chrétien de Mechel, Description du pont de Schaffhouse dans l'ouvrage déjà cité.

[4] Après la défaite des Perses, Périclès employa les mâts et les antennes de leurs navires pour former le comble de l'Odéon qu'il fit construire à Athènes. (Vitruve, lib. V, ch. IX.)

La largeur de la salle de la basilique de Fanestre, construite par Vitruve, était de 60 pieds romains, qui répondent à 55 pieds de France. (Vitruve, liv. V, chap. I[er].)

La nef principale de l'ancienne basilique de Saint-Pierre avait 70 pieds 10 pouces 3 lignes; celle de Saint-Paul hors-les-murs a 73 pieds 6 pouces de largeur. L'église de Sainte-Sabine n'a que 42 pieds de large entre les deux files de colonnes.

voir, au bout d'un certain temps, la résistance de l'entrait céder à l'effort permanent des arbalétriers. C'est pourquoi nous pensons qu'on ne pourrait parvenir à couvrir avec sûreté un espace plus considérable, qu'en substituant aux arbalétriers, dans la composition des fermes, des cintres de charpente formés de pièces superposées, dans le genre de ceux du pont d'Eglisaw. Ce moyen, convenablement étudié, offrirait une grande solidité dans toutes ses parties, et l'effort du système se trouverait réparti plus uniformément dans son ensemble.

Ferme du comble d'un grand manége projeté à Moscou, tirée du Recueil de Charpente de M. Krafft (2e. partie, N°. 39.)

Ce projet, dont il a été ci-devant parlé, page 133, dans la note, est un de ceux qui furent présentés à l'empereur Paul Ier., au retour de ses voyages. Ce monarque avait demandé que les artistes s'occupassent d'un projet de manége, à l'instar de celui de Darmstadt, dont la vue l'avait frappé, pour être construit à Moscou, sur un terrain de 1800 pieds de long sur 290 de large à l'extérieur, et de 220 pieds à l'intérieur : cette salle devait être entourée d'une galerie pour les spectateurs, et contenir des poêles et tous les appareils nécessaires pour l'échauffer. Un projet qui réunissait toutes ces conditions fut présenté par un charpentier allemand; mais on ne donna pas suite à cette entreprise.

La Figure 1 de la Planche CXV représente le plan de ce manége; la Figure 2, l'élévation extérieure d'une des petites faces. La coupe en travers sur la largeur est exprimée par les Figures 3 et 4, dessinées sur une échelle plus grande, afin de pouvoir représenter la charpente avec tous ses détails. Le comble est à deux pentes, avec une grande lanterne au milieu pour éclairer l'intérieur. Les pentes sont dans la proportion du fronton; elles ne sont inclinées à l'horizon que d'environ 19 degrés.

Le principal soutien de chacune des fermes de cette charpente est un arc en bois formé de trois rangs de pièces posées les unes sur les autres, assemblées à crémaillère, et entretenues avec des boulons et des plates-bandes de fer. Les arbalétriers qui portent le toit ainsi que les grands entraits de cette immense salle sont soutenus par de fortes moises pendantes, assemblées aussi à crémaillère avec des boulons et des plates-bandes de fer; elles sont entretenues par de grandes contre-fiches formant croix de Saint-André.

On ne peut qu'applaudir à la juste défiance qui a mis l'autorité en

garde contre ce qu'un pareil projet pouvait avoir de séduisant, au milieu des circonstances qui l'avaient fait naître; en effet, quoique assez ingénieusement combinée, cette charpente eût été évidemment trop faible pour pouvoir se maintenir. En considérant la portée extraordinaire de cette ferme, sa charge et son propre poids, qui va en augmentant à mesure qu'elle s'éloigne des points d'appui, à cause de la forme triangulaire du comble, on trouve qu'un seul entrait ne pourrait suffire pour maintenir l'effort de l'arc immense qui ferait son principal soutien, non plus que celui du poids énorme dont il serait chargé (*effort qui, d'après le calcul, se trouve de plus de 1200 milliers*), quelque bien faits que puissent être cet arc et les autres parties de charpente. Ces considérations nous ont engagé à proposer une autre combinaison, Figure 5, en nous renfermant dans les mêmes données à l'égard de l'apparence extérieure de l'édifice.

Il résulte de tout ce qui a été dit précédemment à l'occasion des fermes de charpente, que, pour réunir deux points plus ou moins éloignés l'un de l'autre, les moyens de l'art sont partout les mêmes, et que la nature du service auquel l'ouvrage est destiné, décide seule du degré de force qui peut lui convenir.

Un cintre, ou deux arbalétriers, composent seuls une ferme entre deux culées; mais employés pour former le toit d'un édifice, ces deux moyens exigent le secours d'un nouvel agent qui complète le système, en suppléant au défaut de résistance des murs. Tel est, en principe, tout le mécanisme des fermes de charpente, quels que soient d'ailleurs les moyens secondaires que leur usage ou leur grandeur puissent nécessiter pour en assurer l'effet. Ainsi, dans l'exemple dont il s'agit, les moises pendantes, faux entraits, faux arbalétriers, contre-fiches, doublures, etc., paraissent compliquer le système, sans cependant que ces pièces changent rien à l'état de la question primitive. En général, c'est en apportant toute son attention à apprécier la puissance des dispositions élémentaires, qu'on peut espérer d'arriver aux combinaisons les plus simples et les plus parfaites.

Du reste, à l'égard des dispositions supplémentaires et des détails d'exécution, il n'est pas, dans cette Figure, une seule pièce, un seul assemblage, dont la forme et l'effet n'aient été décrits quelque part dans ce Livre; c'est pourquoi nous croyons superflu de donner ici aucune explication à ce sujet.

NOTE

SUR LA CONSTRUCTION DE LA SALLE D'EXERCICE DE MOSCOU.

(*Extrait du Mémoire de M. de Bétancourt.*)

« D'après les expériences dont on a rendu compte (*voyez* page 135), on devait » avoir toute confiance dans la solidité du comble; mais différentes circonstances » ont contribué à l'affaiblir dans sa construction.

» 1°. J'avais donné aux poinçons des fermes, comme on a vu plus haut, la » cinquième partie de la longueur des entraits, et ce rapport m'avait paru le » plus avantageux pour donner à la charpente toute la solidité que je pouvais » désirer, sans que le fronton fût désagréable par trop de hauteur; mais, pour » obtenir un peu plus d'élégance, on lui donna moins du sixième, ce qui augmen- » tait considérablement la poussée horizontale sur les entraits [1].

» 2°. Ne pouvant se procurer assez de bois pour faire toutes les poutres des » entraits de la même longueur, il fallut raccourcir les espaces entre les faux » poinçons, et on en mit neuf au lieu de sept, comme on voit, Figure 7, » Planche CXIV. Cette construction n'avait rien de vicieux; mais ayant intercalé » huit de ces fermes entre les autres, les moises horizontales ne pouvaient les » lier d'une manière uniforme, ce qui devait nuire à la solidité générale du » comble.

» 3°. Soit par manque de matériaux, ou faute de temps, on ne fit que trente- » deux fermes, dont trente correspondaient au centre de chaque colonne, espa- » cées de 18 pieds 1 pouce, et les deux extrêmes étaient placées tout contre le » mur du fronton. Cette distance eût été trop grande même pour un comble de » médiocre largeur.

» Deux files de croix de Saint-André, arcboutées contre les poinçons, ainsi » que treize rangées de moises horizontales, empêchaient le déversement dans le » sens de la longueur de la salle.

» Aussitôt que les fermes furent levées et liées suffisamment, pour ne crain- » dre aucun accident fâcheux, on ôta les supports et on mesura la quantité dont » chaque ferme avait baissé. Nous avons déjà remarqué que les entraits étaient » 12 pouces plus hauts dans leur milieu qu'à leurs extrémités. Dans l'examen on » trouva qu'ils avaient descendu depuis 2 pouces et demi jusqu'à 6 et demi, suivant » que les fermes avaient été plus ou moins bien exécutées, que le bois était plus

[1] On sait que les forces qui tendent à l'allongement d'un entrait sont, pour une même largeur, en raison inverse de la hauteur du poinçon

» ou moins sec, etc. Le terme moyen de leur affaissement fut de 4 pouces $\frac{24}{100}$.
» Après ce premier mouvement, toutes les parties du comble se soutinrent dans
» le même état jusqu'au mois d'avril suivant, où, vers la fin, il était de 4 pouces $\frac{85}{100}$; c'est-à-dire que, pendant les cinq mois d'hiver, l'affaissement moyen
» des entraits n'avait descendu que d'un peu plus d'un demi-pouce.

Accident arrivé à deux fermes du comble.

» Pour se rendre compte des mouvemens que pouvait faire le comble, on avait » le soin de faire fréquemment des nivellemens généraux, et le terme moyen de » l'affaissement, qui était à la fin d'avril de 4 pouces $\frac{85}{100}$, fut à la fin de mai 5.97; » à la fin de juin 6.97; à la fin de juillet 8.02; à la fin d'août 8.10. Depuis cette » époque, toutes les fermes se soutenaient dans la même position.

» On doit remarquer que cet affaissement suivait le degré de dessiccation des » bois, dont une grande partie avait été coupée et flottée sur la rivière, peu de » jours avant de l'avoir employé; il s'est donc desséché trop vite et s'est fendu » considérablement dans le sens de la longueur. La grande célérité mise à la con- » struction de l'ouvrage (cinq mois), et le manque de bois de choix, forçait de » prendre tout ce qu'on avait sous la main : entre quatre cents charpentiers, dont » l'unique instrument est la hache, on n'avait pas le temps de choisir les plus » adroits pour leur confier les assemblages qui demandaient le plus de préci- » sion. Dans une telle presse, la surveillance même devenait très-difficile : ainsi, » dans les entraits, les encoches avaient depuis 3 lignes jusqu'à 2 pouces; les » boulons et les trous n'avaient pas plus d'exactitude : il fallait finir pour le » temps qu'on s'était proposé.

» Le premier jour du mois de juillet 1819, époque des plus fortes chaleurs, » on remarqua, par le nivellement, que l'entrait de la vingt-quatrième ferme » avait descendu dans son milieu de près d'un pouce, ce qui appela l'attention » de l'ingénieur chargé de la surveillance de l'édifice, et il mit une garde dans le » comble pour l'observer. En effet, deux jours après on entendit un grand cra- » quement, et l'on trouva que l'entrait, à côté d'un poinçon, avait cassé dans son » milieu et s'était séparé, laissant un écartement de trois quarts de pouce ; ce- » pendant il n'avait descendu que d'un pouce, et les deux fermes voisines avaient » cédé, l'une de trois quarts de pouce, et l'autre d'un demi-pouce. On voit dans » la Figure 5 la manière dont cet entrait a été cassé.

» Le comble resta dans cette position pendant cinq heures employées à pré- » parer les étançons, tant pour la ferme cassée que pour les deux latérales qui » la supportaient au moyen des croix de Saint-André.

» Un examen attentif a fait voir que la cause de la rupture avait été un nœud » très-gros qu'avait le bois, précisément à l'endroit où l'autre poutre avait le trait

» de Jupiter, qu'en outre il était très-fendu, et que la seule partie solide était » coupée par des boulons.

» S. M. l'empereur m'ayant ordonné de réparer l'accident, je fis soutenir la » ferme cassée au droit des arbalétriers, et devisser ensuite les moises horizon- » tales, ainsi que les moises verticales qui forment les faux poinçons; et ayant » ôté par en bas les deux poutres cassées, l'entrait se resserra de deux pouces : » on plaça les deux nouvelles poutres; on releva l'entrait de 4 pouces, et l'on » resserra tous les boulons; après avoir enlevé tous les soutiens, on ne remarqua » pas le moindre affaissement.

» Il ne sera pas inutile d'observer ici que, dans les poutres que j'ai remplacées, » j'ai fait supprimer le trait de Jupiter, et que je les ai fait assembler comme il » est démontré dans la Figure 6, où l'on voit que les deux bouts coudés en » équerre de la planche de fer forgé, mise du côté de l'assemblage, entrent » de 2 pouces dans la poutre.

» Un mois après il arriva un accident pareil à la neuvième ferme, produit » exactement par la même cause : il a été réparé par la même méthode en » moins d'une semaine.

» Ces accidens ont prouvé d'une manière très-évidente la bonté de ce système » de charpente, *dont on pourrait même augmenter*[1] *sans danger les dimensions.* » Malgré cela, comme son exécution a été très-peu soignée, et qu'il y a encore des » pièces de bois très-défectueuses, j'ai prié Sa Majesté de me permettre de re- » faire la comble, prenant le temps et les précantions qu'exige une construction » de ce genre. Pour lors on rapprochera les fermes à 12 pieds de distance, et on » n'aura rien à craindre pour sa solidité.

[1] Voyez ce qui est dit à ce sujet page 138

CHAPITRE QUATRIÈME.

DES COMBLES A SURFACES COURBES.

Les procédés employés pour l'exécution des premiers ouvrages de ce genre, durent offrir, ainsi que leur forme[1], beaucoup d'analogie avec les constructions de l'architecture navale : on pourrait même avancer, avec quelque fondement, que c'est de cette dernière que l'art de bâtir emprunta ce nouveau système de charpente. En effet, la carène des navires avait reçu la forme et le nom de la tortue (χέλυσμα, *testudo*), bien avant qu'il fût question de l'une ni de l'autre pour aucune partie des édifices[2]. Au reste, la simplicité de l'architecture antique ne permet pas de penser que les combles à surfaces courbes n'y aient été, comme la plupart du temps chez les modernes, que de vains simulacres de décoration; il est plus naturel de croire que, de même que dans la fameuse basilique de Vicence[3], leur forme apparente était en même temps celle qui terminait l'édifice à l'intérieur.

La construction des combles à surfaces courbes conserva long-temps toute la simplicité qu'elle avait dans les modèles dont elle tenait son origine : ce ne fut que dans les derniers siècles qui nous ont précédés que les combles de ce genre furent garnis à l'intérieur de fermes et d'enrayures combinées de manière à soutenir les pannes, les liernes les chevrons et autres courbes qui forment le galbe extérieur.

Des combles à surfaces courbes formés par des planches posées en liaison les unes sous les autres.

Philibert de Lorme, cet habile architecte, publia, en 1561, un ouvrage sur cette manière de construire les combles, dont il se dit l'inventeur.

[1] Voyez, ci-devant, page 81.

[2] Voyez Scheffer, *de Militiâ navali, lib. I, cap. VI.* — R. Fabretti, *de Columnâ Trajani, cap. V.*

[3] Bâtie par Andrea Palladio. Ce grand architecte avait une prédilection particulière pour cette production, ainsi que l'observe O.-B. Scamozzi, dans l'édition qu'il a publiée de ses œuvres; Vicence, 1776. « *Les portiques dont elle est entourée sont de mon invention, » et je ne doute pas que ce bâtiment ne soit comparable à ceux de l'antiquité, et qu'il » ne soit mis au nombre des plus grands et des plus beaux qui aient jamais été » construits depuis les anciens jusqu'à nous, tant par la grandeur et par les ornemens, que par la matière, qui est toute d'une pierre vive très-dure.* (Palladio, Livre III, Chapitre XX.)

Il existe cependant des constructions de ce genre beaucoup plus anciennes que cet architecte[1], telles que les dômes de l'église de Saint-Marc de Venise, et de plusieurs autres qui se trouvent dans cette même ville, parmi lesquels celui de l'église de *Santa-Maria della Salute* mérite aussi une attention particulière.

Coupole de l'église de Saint-Marc de Venise.

La Figure 1 de la Planche CXVII représente la coupe de l'une des coupoles de cet édifice, lesquelles ne diffèrent entre elles que par leur diamètre : cette coupe fait voir la charpente formant le dôme extérieur et la voûte hémisphérique au-dessous, qui est en maçonnerie de briques.

La forme de ces dômes est surhaussée, afin de les rendre plus apparens à l'extérieur. La partie inférieure, qui est droite et cylindrique, est formée par des poteaux debout, espacés d'environ 2 pieds de milieu en milieu, assemblés par le bas dans une enrayure circulaire composée de pièces de bois qui se doublent, et par le haut dans un cercle plus petit disposé de même.

La partie supérieure, qui est hémisphérique, est composée de courbes en fortes planches doublées qui forment chevrons, elles sont espacées par le bas comme les poteaux de dessous, et reliées dans leur hauteur par quatre rangs de liernes, dans lesquelles elles sont entaillées. L'extérieur est garni en planches revêtues de plomb, avec des cordons et des recouvremens afin d'éviter les soudures.

Cette coupole est surmontée par une espèce de lanterne d'une forme singulière : elle est portée sur des colonnes de bois accouplées, réunies par des arcades soutenant une petite coupole en impériale et terminée par une très-grande croix, dont la tige, formant poinçon, descend jusque sur le sommet de la grande coupole.

L'intérieur de cette coupole est garni d'une charpente indépendante de celle qui forme le galbe extérieur du dôme ; elle paraît avoir été faite après coup pour la fortifier. Cette charpente est composée de deux rangs d'entraits qui se croisent au centre à angle droit, et qui se moisent avec de grandes pièces posées en contre-fiches, pour étayer le

[1] Serlio, contemporain de Philibert de Lorme, rapporte, au Chapitre XLI du Livre VII de son Traité d'Architecture, qu'ayant été chargé par François Ier de faire quelques réparations au palais des Tournelles, il y trouva des voûtes formées de courbes en planches recouvertes d'un enduit de plâtre fort dur, qui avaient plus de deux cents ans d'ancienneté.

sommet de ces coupoles au-dessous de la lanterne. Ces entraits ne portent pas sur la charpente légère qui forme le galbe extérieur, mais sur des pièces de bois qui partent de la première enrayure, posée sur les reins de la coupole intérieure en maçonnerie de briques.

Au centre, où les seconds entraits se croisent, est établi un fort poinçon répondant à celui de dessus, qui forme la tige de la croix. Ce croisement est soutenu en dessous par six contre-fiches, qui descendent aussi jusque sur la première enrayure. Sur ce milieu, ainsi consolidé, on a placé des pièces inclinées en sens contraire, qui se réunissent avec les grandes contre-fiches pour soutenir la partie de la grande coupole où posent les colonnes de la lanterne.

La disposition de ces contre-fiches formant deux espèces de cônes opposés, qui se réunissent sous le milieu du second entrait, nous paraît fort bien imaginée pour soutenir le poids considérable de la lanterne. Il paraît au reste que cet étaiement ne fut placé qu'après coup, et lorsque le sommet de la coupole eut fléchi sous le poids de cette lanterne[1]. La grande portée des pièces de bois qui le composent ne le rend pas susceptible d'une grande résistance.

Cette coupole qui est la plus considérable, par rapport à son élévation et à la grandeur de la lanterne, est celle du centre. son diamètre extérieur est de 47 pieds 1 pouce, et sa hauteur au-dessus de la ligne AB, de 66 pieds 4 pouces, sans y comprendre la croix.

Le diamètre extérieur de celle de la nef d'entrée est de 48 pieds 1 pouce 6 lignes, et sa hauteur, prise de même, de 58 pieds 10 pouces, et la lanterne est beaucoup moins considérable.

Le diamètre des autres coupoles varie de 40 à 40 pieds 6 pouces, et leur hauteur est d'environ 35 pieds. Dans ces quatre coupoles, l'enrayure formée par le premier entrait est supprimée.

L'église de Saint-Marc fut commencée en 976, et finie en 1085; ainsi les charpentes de ces dômes peuvent avoir 800 ans d'ancienneté.

[1] On trouve dans les Vies des peintres, sculpteurs et architectes, de Georges Vasari, que ce fut Jacques Sansovin qui fit faire ces étaiemens vers l'an 1530, sous la principauté d'André Griti.

Coupole de l'église della Salute *à Venise, bâtie en* 1631.

Cette coupole est formée, à l'intérieur, par une voûte hémisphérique en briques, indiquée par AB sur la coupe, Figure 2, dont le diamètre est de 65 pieds 6 pouces. Cette voûte est percée au sommet d'une ouverture d'environ 12 pieds de diamètre. Au-dessus s'élève une lanterne en charpente revêtue de plomb. Le galbe extérieur de cette coupole est formé par des courbes composées de quatre épaisseurs de planches posées en liaison les unes sur les autres, et unies ensemble avec des clous. Ces courbes, indiquées dans le plan et l'élévation par la lettre *d*, forment des chevrons de 5 pouces 4 lignes d'épaisseur, espacés par le bas de 21 pouces. Ces espèces de chevrons, dont le nombre est 96, posent au-dessus de la corniche de l'attique, où ils sont arrêtés par une entaille pratiquée sur la corniche en pierre, et par un cercle horizontal, formé de quatre épaisseurs de planches clouées, marqué *b* sur la coupe et sur le plan, Figure 2, N°. 2.

Ces courbes s'assemblent par le haut dans une sablière, marquée XV dans la coupe, soutenue par huit colonnes placées autour de l'ouverture de la voute en briques.

Pour fortifier la partie de coupole en bois autour de cette sablière, on a rempli l'intervalle des courbes par des planches de champ; ce qui forme une voute pleine, capable de porter les balustrades, les terrasses et les huit éperons terminés par de petits obélisques, qui servent de décoration à la lanterne, indiqués dans les parties de plan, Figures 2 et 3, par les chiffres 5, 6 et 7, pris sur les lignes EF, GH et IK de la coupe. Cette partie de coupole en bois est encore soutenue par huit poteaux marqués CD, et une cloison circulaire, marquée *f*, *g*, dans la coupe et dans la partie de plan N°. 2, qui portent sur les bords renforcés de l'ouverture de la voûte en briques. Les courbes en planches qui forment le galbe extérieur sont entretenues, au tiers de leur hauteur, par un cercle de fer de 4 pouces 6 lignes de large sur 6 lignes d'épaisseur, arrêté par un boulon sur chaque courbe. La couverture de cette coupole est en plomb, posée sur des voliges clouées sur les courbes. Les joints montans sont recouverts par les bourrelets faisant côtes saillantes au droit de chaque courbe, ainsi qu'on le voit indiqué sur la partie de plan, N°. 4.

La partie N°. 8 du plan, Figure 4, représente l'enrayure de la petite coupole qui couvre la lanterne.

Les N°s. 9 et 10 indiquent les courbes en planches qui forment le galbe de cette coupole. Le N°. 11 indique la couverture en plomb avec des côtes sur les joints montans, répondant à chaque courbe comme à la grande coupole. Cette lanterne est terminée par une figure de la Vierge. Les détails de cette coupole furent envoyés à M. Soufflot, en 1775, par M. Raymond, architecte, membre de l'Institut. En 1783, je les ai vérifiés pendant mon séjour à Venise, et je les ai trouvés fort exacts [1].

[1] Dans le temps que M. Soufflot reçut ces détails, il me chargea de faire un parallèle de cette charpente avec celle du dôme des Invalides, dont les détails se trouvent sur la Planche CXXIII, et que je levai à ce sujet. Ayant fait un toisé exact de toutes les pièces de bois dont ces coupoles sont composées, je trouvai que la quantité de bois employée au dôme des Invalides était de 19452 pieds cubes, ou 6484 pièces, et celle employée au dôme *della Salute* de Venise de 4108 pieds cubes, équivalant à 1369 pièces.

Considérant ensuite qu'à combinaison égale la quantité de bois devrait être proportionnelle à la superficie de la coupe de ces dômes qui représenterait une des fermes principales, je trouvai que le diamètre extérieur de la coupole des Invalides, par le bas, était de 84 pieds sur 53 pieds de hauteur, depuis le dessus du socle de l'attique jusqu'à la première enrayure de la lanterne. La hauteur de cette lanterne est de 45 pieds, depuis le dessus du dôme jusqu'au bas de l'obélisque qui soutient la croix, sur une largeur moyenne de 21 pieds; ce qui donne pour la superficie de la coupe 4180 pieds carrés.

La coupole de l'église *della Salute* a, par le bas, 75 pieds 6 pouces de diamètre, sur 38 pieds de hauteur. La superficie de la coupe, en y comprenant la lanterne qui a 37 pieds de haut, jusqu'au-dessous du piédouche qui porte la statue de la Vierge, est de 2908 pieds carrés : cela posé, si l'on prend pour premier terme de comparaison la charpente du dôme des Invalides, on aura 4180 : 6484 :: 2908 est à un quatrième terme, qui donnera pour le dôme *della Salute* 4510 pièces de bois au lieu de 1369; ainsi, par le système adopté pour cette coupole, on a épargné 3141 pièces de bois qui auraient chargé l'édifice d'un poids de plus six cents milliers.

Mais si l'on prend la charpente du dôme *della Salute* pour premier terme de la proportion, on aura 2908 : 1369 :: 4180 est à un quatrième terme, qui donnera, pour le dôme des Invalides, un peu moins de 1968 pièces, au lieu de 6484; ainsi, en adoptant pour ce dôme le système de celui *della Salute*, on aurait épargné 4516 pièces de bois, qui chargent inutilement cet édifice d'un poids de près de neuf cents milliers. M. Soufflot désirant connaître l'économie que ce moyen aurait pu produire sur la dépense, je fis le détail ci après :

Chaque courbe du dôme *della Salute* comprend une circonférence de 50 pieds; elles sont composées de quatre épaisseurs de planches de chacune 16 lignes sur 8 pouces 6 lignes de large : en se servant de planches de sapin de 12 pieds de longueur, il en faudrait 17 pour chaque courbe, et pour 96. 1632

Pour le cercle qui maintient les courbes par le bas.	126
Pour la cloison circulaire derrière les colonnes du bas de la lanterne.	128
Pour les courbes de la coupole de la lanterne.	54
Pour le cercle qui les retient par le bas.	6
TOTAL.	1946

Système de Philibert de Lorme.

Nous avons fait voir que, long-temps avant cet architecte, on avait construit des courbes en planches clouées les unes sur les autres pour former des voûtes ou des cintres; mais il est le premier qui en ait fait l'application aux combles à deux égouts, et qui ait imaginé de relier ces courbes avec des liernes qui les traversent, en les serrant avec des clefs pour les maintenir et leur procurer plus de fermeté. Les détails qu'il en donne dans son livre, intitulé : *Nouvelles inventions pour bien bâtir à petits frais*, publié en 1561, sont clairs, méthodiques et bien entendus; ils sont également applicables aux voûtes, aux cintres et aux combles.

Les voliges qui recouvrent les courbes et les bâtis de charpente, pour la décoration de la lanterne, de 7 pieds et demi de long sur 6 pouces réduits de largeur, pour le grand dôme.	2288
Pour les colonnes.	72
Pour les décorations de la lanterne.	450
Pour la couverture.	72
TOTAL.	2882

La charpente, réduite en pièces da bois, produit 382 pieds 8 pouces.

RÉSUMÉ.

1946 planches formant ensemble une superficie de 648 toises $\frac{2}{3}$, à 24 francs.	15568 fr.
2882 voliges faisant une superficie de 300 toises à 18 francs.	5409
382 pièces $\frac{2}{3}$, à 10 francs.	3827
Dépense présumée de la charpente de la coupole *della Salute*.	24795 fr.

sans y comprendre les plombs pour la couverture et les revêtemens.

Divisant cette somme par la quantité de 1369 pièces que produit la totalité des bois dont elle est composée, on trouve, pour la valeur de chaque pièce, un peu plus de 18 fr.; ce serait aussi le prix moyen de chaque pièce pour la charpente du dôme des Invalides. Ainsi, les 6484 pièces de bois que produit cette charpente, étant évaluées à raison de 18 francs, portent la dépense à 116712 francs. Mais nous avons trouvé ci-devant que si cette coupole eût été faite dans le système de celle *della Salute*, elle n'aurait produit que 1968 pièces, lesquelles, évaluées au prix moyen de 18 francs, donneraient une somme da 35424 francs, au lieu de 116712; et si, au lieu de planches de sapin on eût formé ces courbes avec quatre épaisseurs de madriers de chêne de 18 lignes, ajustés en liaison les uns sur les autres et arrêtés avec des boulons de fer à vis, et qu'on eût entretenu ces courbes dans leur hauteur par cinq ou six rangs de liernes formant cercles, composés de deux rangs de madriers de deux pouces d'épaisseur posés en liaison et réunis comme les courbes verticales, cette coupole, qui aurait eu la plus grande solidité, n'aurait pas coûté plus de 50000 frances, c'est-à-dire moins de la moitié de celle qui existe.

Comme son moyen est uniforme, il suffit d'un seul exemple pour en donner l'intelligence.

Formation des combles à surfaces courbes. (Planche CXVIII.)

Il faut commencer par tracer sur l'épure le trait de la courbe que l'on veut exécuter ; on appliquera dessus un premier rang de planches : si c'est pour un comble dont le dessous ne doit pas former voûte, ou pour un cintre, on placera les planches en dessous de la courbe tracée ; si c'est pour une voûte qui n'a pas besoin d'être extradossée, on les placera en dehors, de manière cependant que dans l'un et l'autre cas, on puisse tracer dessus la courbe qu'elles doivent former, ainsi qu'on le voit par les Figures 1 et 2. Si les combles ou voûtes doivent être courbes en dessus et en dessous, il faut que les planches recouvrent les deux courbes de l'épure, afin de pouvoir les tracer sur ces planches pour les chantourner, Figure 3.

Philibert de Lorme fixe la longueur de ces planches pour toutes sortes de courbes à 4 pieds, mais nous pensons que, lorsque la courbe est une demi-circonférence ou un arc de cercle dont la courbure est uniforme, il ne faut pas s'astreindre rigoureusement à cette mesure ; il vaut mieux en prendre une un peu plus ou un peu moins longue, qui divise la courbe en un nombre quelconque de parties égales. Cette longueur peut même varier pour chaque division comme dans l'ellipse dont la courbure n'est pas uniforme, afin que les fibres des planches puissent se croiser ; ce qui procure plus de raideur aux courbes et empêche les planches de se fendre. Il est facile de voir, Figure 3, que moins il y a de courbure, plus il faudra de longueur pour obtenir cet avantage, et que les planches qui doivent former les parties AC, BD, n'ont pas besoin d'avoir autant de longueur que celles du milieu CD. Lorsqu'on aura arrêté la division qui paraîtra la plus convenable, on tirera des perpendiculaires à la courbe pour indiquer les joints des planches. Lorsqu'elles seront bien ajustées, on posera dessus un second rang, disposé de manière que les joints des planches qui forment ce second rang tombent au milieu de celles qui forment le premier rang ; il faut pour cela que les planches des extrémités n'aient que la moitié de la longueur des autres, ou qu'elles puissent avoir une fois et demie cette longueur, Figure 5.

Ces deux rangs ajustés, on les réunit avec des chevilles de bois

indiquées par des points sur les Figures 1, 2 et 3. On percera ensuite les mortaises pour recevoir les liernes ou tringles de bois qui les traversent, afin d'entretenir les fermes les unes avec les autres. Philibert de Lorme donne à ces liernes la même épaisseur qu'aux planches des courbes, et à leur largeur quatre fois cette épaisseur. Enfin, pour procurer à cet ouvrage la plus grande fermeté, on perce dans ces liernes d'autres mortaises de chaque côté de l'épaisseur des courbes, pour y faire entrer de force des clefs de bois dont l'épaisseur est la même que celle des liernes, sur une largeur double de cette épaisseur; quant à leur longueur, elle doit être égale à la largeur des courbes. Tout cet arrangement est indiqué par les Figures 5 et 6.

Le plan, Figure 10, fait voir que ces liernes ne forment pas continuité dans la longueur du comble, elles ne réunissent que trois courbes : cependant, comme chaque rang commence et finit à une courbe différente, cet arrangement équivaut en partie à des liernes continues, surtout lorsque le dessus doit être latté pour recevoir des tuiles ou ardoises, ou bien le dessous pour former un plafond. Serlio cite une voûte en courbes de planches, qui n'étaient réunies que par des cannes revêtues en plâtre, qui était encore très-solide, quoiqu'elle fût construite depuis trois cents ans environ; et une autre, construite de même, qui avait résisté à un très-grand incendie.

Nous pensons qu'au lieu des liernes qui traversent ces courbes, il vaudrait mieux les placer dessus et dessous, en les entaillant à moitié bois et les clouant sur chaque courbe, Figure 7; ce qui produirait autant de solidité avec moins d'ajustemens et de dépense. D'ailleurs, les bois étant sujets à augmenter de grosseur par l'humidité et à diminuer dans la sécheresse, les liernes et les clefs de bois qu'on fait entrer de force dans les mortaises, peuvent, dans un temps humide, faire fendre les planches des courbes et les liernes, et rendre leur assemblage trop lâche dans les temps de sécheresse.

Philibert de Lorme avait employé ce dernier moyen pour le grand comble du château de la Muette, qui avait 10 toises de largeur dans œuvre; il est facile de voir, par les Figures 6 et 8, qu'il aurait pu supprimer les liernes qui traversent les courbes.

Pour les combles de 4 toises de diamètre, notre auteur fixe la largeur des planches qui forment les courbes à 8 pouces de largeur, et leur épaisseur à un pouce.

Pour 6 toises, il donne aux planches 10 pouces de largeur sur 1 pouce et demi d'épaisseur.

Pour 10 toises, il fixe la largeur des planches à 13 pouces, et leur épaisseur à 2 pouces.

Pour 15 toises, il donne 2 pouces et demi d'épaisseur et 3 pouces pour 18 toises.

Pour établir ces combles, on formait, à 3 pieds du dessous de l'entablement des murs de face, une retraite de la moitié de leur épaisseur, sur laquelle on posait une sablière de 8 à 9 pouces d'épaisseur. On creusait dans cette pièce des entailles de 2 pieds en 2 pieds, pour recevoir le pied des courbes formant chevrons. Le prolongement de la surface du comble, jusqu'au nu extérieur du mur de face, se faisait en ajoutant des bouts de courbes en forme de coyaux, fixés par le bas dans une entaille pratiquée au-dessus de l'assise formant corniche, ainsi qu'on le voit exprimé dans la Figure 9.

Les Figures 4 et 5, Planche CXIX, indiquent la manière de tracer des courbes rallongées pour former les arêtiers à l'extérieur, et celles qui forment les arêtes rentrantes des voûtes en arc de cloitre pratiquées en dessous.

Les Figures 1, 2 et 3 représentent les profils de comble proposés par Philibert de Lorme, pour répondre aux objections qui lui avaient été faites relativement à la difficulté de bien couvrir avec des tuiles ou des ardoises ordinaires les combles en demi-cercle.

OBSERVATION.

Si l'on considère que les bois débités en planches coûtent le double des bois de charpente, et que la façon des courbes, des liernes, des clefs, avec les ajustemens et le percement des mortaises, est au moins une fois plus cher que la façon des charpentes ordinaires, on trouvera qu'il n'y a point d'économie à préférer les combles en planches aux combles en pièces de bois, plus solides et plus durables et moins dangereux dans les cas d'incendie. Il existe, dans un grand nombre d'édifices plus anciens que Philibert de Lorme, des combles formés de chevrons de 4 à 5 pouces de gros, fortifiés en dessous par des liens cintrés formant voute, qui sont encore très-solides et en bon état [1].

[1] M. Lacase, entrepreneur de charpente à Paris, a trouvé un moyen assez ingénieux de former des courbes pour les combles, avec des solives de 5 à 7 pouces de grosseur, re-

Combles à surfaces courbes composés de fermes en charpente.

La Figure 1 de la Planche CXXI présente une combinaison de ferme pour un dôme; elle est tirée de l'Art de la Charpenterie, de Mathurin Jousse.

Cette charpente forme à l'intérieur une voûte sphérique; à l'extérieur le dôme est surmonté d'une lanterne percée de huit arcades, couronnée d'une petite coupole composée de huit courbes assemblées dans un poinçon formant clef pendante en dedans, et aiguille à l'extérieur.

La charpente du dôme est composée de huit demi-fermes qui s'as-

fendues en deux et assemblées à trait de Jupiter. Ces courbes, qui forment un cintre gothique, sont réunies par des liernes et des entretoises. Ce nouveau moyen réunit tous les avantages de la méthode de Philibert de Lorme, avec moins de dépense.

Application de la méthode de M. Lacase à un comble de 30 pieds de largeur extérieure. (Planche CXX.)

Après avoir tiré la ligne de base AB, Figure 1, on portera, sur la perpendiculaire élevée du milieu, la moitié de la largeur prise en dehors, et on tirera les lignes AD, DB; sur le milieu de chacune, on élèvera une perpendiculaire égale au septième de ces lignes, et on fera passer un arc de cercle par les trois points DEB, dont on trouvera le centre en élevant, sur le milieu de la corde DE, une perpendiculaire indéfinie, qui rencontre celle du milieu de la ligne BD prolongée, en un point G qui sera le centre cherché.

Les Figures 2, 3 et 4 indiquent la manière de faire sur l'épaisseur le trait de Jupiter, serré avec clef, pour l'assemblage des pièces qui forment les courbes, avec les bouts de tenons sur la largeur qui les empêchent de varier.

Ces courbes, qui ont 5 pouces de large et 2 pouces et demi d'épaisseur, sont espacées de 2 pieds et demi, et réunies par des liernes entaillées à moitié bois, placées à 5 pieds de distance l'une de l'autre; les espaces formés par l'intersection des liernes et des courbes sont subdivisés par des entretoises et des fausses courbes, afin de servir de soutien au lattis extérieur pour la couverture, et intérieur pour le lambrissage en plâtre; ce qui procure à cette charpente, que j'ai vue exécutée, une grande solidité.

Les Figures 5, 6, 7 et 8 font voir les détails de l'assemblage des liernes, des entretoises et des fausses courbes indiquées en plan sur la Figure 8.

Il est évident que pour une plus grande largeur de toit, il faudrait donner aux courbes une largeur et une épaisseur plus fortes. En général, pour ce procédé, ainsi que pour celui de Philibert de Lorme, il faut que l'épaisseur des courbes soit d'autant de lignes que le comble a de pieds de largeur, sur une largeur double; ainsi, pour un comble à deux pentes de 48 pieds de largeur, prise en dehors, il faudrait que l'épaisseur des courbes fût de 48 lignes ou 4 pouces sur 8 pouces de largeur.

On procurerait à ces couvertures encore une plus grande solidité, par les moyens indiqués à l'occasion de l'épaisseur des voûtes, Livre neuvième, en ne donnant cette largeur de 8 pouces que vers le milieu de la longueur de la courbe, et la réduisant au sommet à 6 pouces et la portant à 10 pouces par le bas, ainsi qu'on le voit représenté par la Figure 9.

semblent dans les poteaux de la lanterne qui leur servent de poinçons; elles sont reliées entre elles par des liernes courbes, dans lesquelles s'assemblent les chevrons qui doivent former les surfaces courbes du dôme et de la voûte; cette combinaison modifiée, Figure 2, peut convenir pour un dôme de 36 à 40 pieds de diamètre.

La Figure 3 indique la projection en plan.

Les Figures 4 et 5 de la même Planche représentent une combinaison de charpente, tirée de l'ouvrage de Nicolas Fourneau, (3e. *partie, Planche L*); elle est faite pour un dôme d'environ 40 pieds de diamètre. Cette charpente est formée de deux grandes fermes semblables, qui se croisent au milieu, à angles droits, et de huit autres fermes intermédiaires qui peuvent être moins compliquées; ces dernières s'assemblent dans des poteaux qui forment le soubassement de la lanterne, terminée par un piédouche au-dessus duquel s'élève une flèche.

Cette charpente, beaucoup plus compliquée que la précédente, est visiblement imitée de celle du dôme des Invalides. (Voyez Pl. CXXIII): cependant, quoique la composition des grandes fermes soit à peu près la même que dans cette dernière, elle présente plus de légèreté dans son ensemble.

Entre autres modifications, l'auteur a cru pouvoir supprimer dans ces fermes les grandes moises M, qui, au dôme des Invalides, relient puissamment le pied des jambes de force avec l'entrait et les poteaux qui supportent la lanterne; mais comme il paraît craindre que, par suite de cette suppression, celles-ci ne poussent au vide, il recommande de tenir les jambes de force AB *le moins inclinées que faire se pourra.*

Cette observation décèle peu d'intelligence dans l'art des combinaisons de la charpente; car, d'une part, en diminuant l'inclinaison des jambes de force, l'ensemble perdrait beaucoup de sa stabilité : en second lieu, il serait possible de combiner la première enrayure de manière à pouvoir résister à l'écartement des jambes de force. Néanmoins, comme le cercle formé par la première enrayure se compose d'une grande quantité d'assemblages, ce qui le rend susceptible de céder aux points où s'exerceraient les plus grands efforts, nous pensons que les moises en question agiraient dans ce cas d'une manière plus immédiate et plus puissante.

Au reste, l'auteur est loin d'avoir tiré tout le parti que la disposition

des lieux pouvait offrir à la composition de la charpente. La Figure 6 présente, sur le même sujet, une combinaison beaucoup plus simple et plus solide.

La charpente représentée par les Figures 1 et 2 de la Planche CXXII est tirée du Recueil de M. Krafft (2ᵉ. partie, Planche 70). Cette combinaison est de M. Stierme, dont il a été ci-devant parlé, page 122; elle est faite pour un dôme de 58 pieds de diamètre, sur 32 pieds de haut.

On voit que cette charpente est formée de deux fermes principales qui se croisent au milieu, comme dans l'exemple précédent, et de douze demi-fermes intermédiaires qui se réunissent à l'enrayure qui porte la lanterne.

Sur une moitié de la grande ferme, Figure 1, on voit des lignes d'opérations ponctuées, qui indiquent la méthode suivie par M. Stierme pour la combinaison des pièces dont cette ferme est composée. Nous allons tâcher de suppléer à l'explication incomplète qui se trouve dans le recueil de M. Krafft.

Il paraît que M. Stierme commence par faire un carré ABCD avec la hauteur déterminée AB.

L'intersection des diagonales de ce carré lui donne le rayon A*g* de la coupole intérieure, qu'il fait parfaitement hémisphérique.

La hauteur du dessous de l'entrait SR de la seconde enrayure, est déterminée par la diagonale A*k*, tirée du point où la verticale *bk* rencontre la ligne AC.

L'arbalétrier V au-dessus, se dirige au point e, milieu de CD.

La position du double arbalétrier V' qui lui est parallèle, est déterminée par la diagonale A*m*, à l'endroit où elle coupe l'entrait.

Les jambes de force sont tangentes à la courbe de la coupole intérieure; elles sont reliées avec l'entrait SR par deux esseliers, dont le plus grand, marqué T, est aussi tangent à la courbe de la coupole intérieure.

Les chevrons, formant le galbe extérieur du dôme, sont assemblés dans cinq rangs de liernes, indépendamment de la sablière du bas et de celle du haut, formant enrayure pour l'établissement de la lanterne. La partie de courbe inférieure répondant aux jambes de force, est soutenue par deux entre-toises assemblées d'un bout dans la courbe et de l'autre dans la jambe de force.

Les chevrons ou courbes qui forment la surface de la coupole intérieure, sont entretenus par cinq rangs de liernes, en y comprenant la sablière.

Une moitié du plan de ce dôme indique des courbes en planches au lieu de chevrons, pour former le galbe extérieur et la surface de la voûte intérieure; mais nous avons déjà vu, page 149, que cet arrangement, qui formerait un ouvrage moins solide, ne produirait pas beaucoup d'économie.

La hauteur du corps de la lanterne, jusque sous l'entablement, est déterminée par la diagonale *em* prolongée jusqu'à la ligne du milieu. Le piédouche et l'espèce de poire qui servent d'amortissement à cette lanterne, ne produiraient pas un bon effet. Au reste, la combinaison des pièces de bois qui forment cette charpente quoiqu'assez bien entendue, n'offre pas toute la solidité nécessaire aux ouvrages de ce genre.

Dôme du Val-de-Grâce.

La charpente de ce dôme est représentée par les Figures de 1 à 9, de la Planche CXXIII, avec les différentes enrayures qui servent à relier les seize demi-fermes qui soutiennent les chevrons et les pannes formant le galbe extérieur du dôme.

La Figure 1 fait voir la combinaison des quatre grandes demi-fermes qui se croisent au centre.

La grande enrayure du bas, désignée par la ligne AB sur la coupe, est indiquée par la Figure 2.

La seconde enrayure, désignée par la ligne CD, est représentée par la Figure 3.

La Figure 4 indique la troisième enrayure, répondant à la ligne EF de la coupe.

La quatrième enrayure, Figure 5, répond à la ligne GH de la coupe.

La cinquième enrayure, répondant à la ligne KI de la coupe, est indiquée par la Figure 6.

La sixième, répondant à LM, par la Figure 7.

La septième, répondant à NO, par la Figure 8.

La huitième, répondant à PQ, par la Figure 9.

Dôme des Invalides.

Le galbe de la coupole extérieure est formé, comme celui de Saint-Paul de Londres (construit à peu près à la même époque), par une charpente; mais elle est beaucoup plus lourde. Sa première enrayure, Figure 11, Planche CXXIII, pose sur un massif établi sur les reins de la seconde voûte intérieure. Cette charpente est composée de deux grandes fermes A, Figures 10 et 12, qui se croisent au centre, où elles ont un poinçon commun : entre ces fermes qui forment en plan quatre angles droits, sont huit principales demi-fermes B, Figure 12, et vingt-quatre petites C, Figure 11; toutes ces fermes sont réunies par quatre enrayures marquées 1, 2, 3, 4, sur la Figure 10, et entretenues avec des moises. La lanterne, qui est aussi en charpente, est établie au-dessus de la dernière de ces enrayures : elle est composée d'un stylobate au-dessus duquel s'élève le corps de la lanterne, percé de quatre arcades, avec des avant-corps ornés de colonnes accouplées et de figures; au-dessus est un amortissement en forme de piédouche, servant de soubassement à l'obélisque qui porte la croix[1].

Nous nous croyons dispensés d'entrer dans une plus longue explication sur ces deux derniers exemples, dont il doit être facile d'apprécier les défauts et les avantages, d'après tout ce qui a été dit dans ce chapitre sur les constructions de ce genre.

[1] Dans le travail *sur la construction des dômes les plus remarquables*, dont je fus chargé par Germain Soufflot, qui méditait alors la construction de celui de l'église de Sainte-Geneviève, j'ai trouvé, par le calcul, que le poids de cette charpente était aussi considérable (à cause de la multitude et de la grosseur des pièces de bois qu'on y a employées) que celui qu'occasionerait la construction d'une coupole en pierre. Cette dernière manière, beaucoup plus solide et plus durable, n'aurait pas été plus coûteuse : mais, dans ce temps-là on était beaucoup moins hardi en construction; on n'aurait jamais osé établir un pareil ouvrage sur le mur de la tour du dôme, quoiqu'il soit une fois plus épais que celui qui porte la coupole en pierre de l'église Sainte-Geneviève. Germain Soufflot, qui avait aussi pensé à faire son dôme en charpente, se rendit à ces observations. Il reconnut aussi que la charpente qu'il proposait fatiguerait davantage le mur de la tour et ses points d'appui, à cause du *hiement* dont ces sortes d'ouvrages sont susceptibles, et du relâchement des assemblages dans les temps secs. Lorsqu'un dôme en charpente est terminé par une lanterne construite de même, il arrive que, quand il souffle des vents impétueux, l'effort contre cette lanterne, formant lévier, agit avec une si grande force qu'il cause un ébranlement général dans toute la charpente, qui se communique à la tour du dôme. J'ai eu occasion d'être témoin de cet effet en faisant les dessins de cette charpente.

(*Cette note, ainsi que celle de la page* 148, *est extraite de la* Description historique et graphique de la nouvelle église de Sainte-Geneviève, *dont la publication doit suivre celle du présent ouvrage.*)

TROISIÈME SECTION.

PRINCIPES DES CONSTRUCTIONS AUXILIAIRES EN CHARPENTE.

CHAPITRE PREMIER.

DES ÉCHAFAUDS.

Les échafauds sont formés de pièces de bois taillées exprès pour la construction des grands édifices, pour élever de grands fardeaux, pour former de grands amphithéâtres propres aux fêtes, aux cérémonies publiques, et autres établissemens qui ne demandent pas de construction permanente. Ils sont ordinairement composés d'un ou de plusieurs rangs de poteaux assemblés dans des sablières, contreventés par des liens, des contre-fiches, des croix de Saint-André; et d'entretoises disposées en raison du degré de solidité qu'exige l'objet de leur destination. On fait aussi des échafauds mobiles et des échafauds volans ou suspendus pour exécuter les travaux de ravalement et de restauration aux murs et aux voûtes des grands édifices.

Échafauds qui ont servi pour la construction du dôme de la nouvelle église de Sainte-Geneviève. (Planches CXXIV et CXXV.)

Comme les voûtes sphériques se composent de couronnes de voussoirs qui se soutiennent d'elles-mêmes dès qu'elles sont complètes, les cintres n'ont jamais qu'une de ces couronnes, moins un voussoir, à soutenir, ce qui n'exige pas une grande force; c'est pourquoi on s'est servi des échafauds pour former les cintres des trois grandes voûtes en coupole que contient ce dôme[1]. Celui de la grande coupole extérieure est indiqué par les lettres *a*, *b*, *c*, *d*, *e*; celui de la coupole intermédiaire par *f*, *g*, *h*, *i*, *k*, *l*, *m*; celui de la coupole intérieure,

[1] C'est d'après l'expérience que nous avions acquise de cette propriété, lors de la construction de ces voûtes, que nous avions appuyé notre proposition, *de n'établir que des échafauds légers sur l'extrados, à mesure de l'exécution, pour porter les équipages et les ouvriers occupés à la pose*, dans notre Mémoire sur la reconstruction de la coupole de la Halle au Blé de Paris, à l'occasion de la voûte en pierre de taille.

ouverte à son sommet, par *o*, *p*, *q*, *r*, Planche CXXIV. On voit que ces cintres ne sont formés que par des poteaux inclinés qui soutiennent des sablières horizontales à 8 à 10 pieds de distance pour servir d'échafauds, contre-ventés par des pièces en contre-fiches ou en diagonale.

La Figure 1 de la Planche CXXV représente le plan de l'enrayure placée à la naissance de la coupole extérieure; elle était commune aux cintres de la coupole extérieure et de celle intermédiaire. Les lettres *s*, *t*, *u*, *v*, indiquent des demi-fermes qui ne font pas partie de la grande charpente.

Le principal étage du grand échafaud formait une superficie de 754 toises, élevé à 124 pieds au-dessus du sol intérieur de l'église. Il était soutenu au milieu, répondant à l'intérieur du dôme, par quatre espèces de grandes fermes qui se croisaient au centre, où elles formaient un vide carré pour le service d'un singe servant à monter les pierres. Chacune de ces fermes était composée, à l'intérieur du dôme, de jambes de force AB, CD, Planche CXXIV, Figures 1 et 2, et de contre-fiches EF, GH entretenues dans leur portée par une moise IK.

La sablière au-dessus était fortifiée, en outre, dans son milieu, par deux doublures qui triplaient son épaisseur à l'endroit où posait le singe L, et qui étaient soutenues par les contre-fiches.

Les jambes de force portaient sur la saillie de l'entablement des pendentifs, et sur les retraites entre les colonnes de l'intérieur du dôme.

Cette sablière, continuée du côté de l'extérieur par des assemblages en traits de Jupiter, était soutenue à ses extrémités par un poteau M, posé sur la saillie de la corniche du premier soubassement, et par trois contre-fiches en liens N, O, P, assemblées dans la sablière et le poteau; elles étaient entretenues par une grande moise Q, qui reliait cette partie de l'échafaud extérieur à l'échafaud intérieur du dôme, en embrassant les jambes de force AB et CD.

Au centre de cet échafaud il y avait, indépendamment des quatre fermes de l'intérieur du dôme, quatre autres demi-fermes en diagonale, indiquées dans la Figure 2 de la Planche CXXIV, par les lettres S, S, R, T, composées chacune d'une jambe de force R, de deux contre-fiches S, S, et d'un lien T, supportant une sablière qui se prolonge, pour former avec d'autres VV, OO, XX et YY, Figure 2, Pl. CXXV, des parties d'échafaud en saillie, au-dessus des quatre angles rentrans

des murs extérieurs de l'église, en avant des pans coupés. Ces sablières étaient soutenues, en dessous, par des poteaux formant, avec d'autres sablières, trois étages d'échafauds entretenus et contre-ventés par des décharges, des contre-fiches et des liens, Figure 2, Planche CXXIV.

A l'extrémité de chacune de ces parties d'échafaud était un trou de service, avec un singe ou treuil marqué Z, qui servait à monter de l'extérieur les pierres et autres matériaux.

Le dessus de ce grand échafaud était garni de fortes solives arrêtées sur les sablières, et de madriers cloués sur les solives, ce qui procurait au sol, formé par cet échafaud, assez de solidité pour pouvoir rouler et déposer dessus les pierres, bois et autres matériaux nécessaires à la construction.

Au-dessus de ce grand échafaud s'en élevait un autre de 42 pieds, composé de trois étages, soutenu par des poteaux, formant la continuation de ceux du bas, entretenu de même par des décharges, contre-fiches et doubles liens. Le dessus de ce second échafaud était garni, comme le premier, de solives et de madriers; il servait de second dépôt pour la construction de l'attique et de la grande coupole extérieure du dôme.

Sur les quatre parties en avant-corps de cet échafaud, on avait établi quatre grues d'une nouvelle invention, que j'imaginai pour faciliter le service de la pose, et dont on trouvera la description au Chapitre II de la seconde Section du Livre neuvième, qui traite des machines dont on fait usage pour la construction des édifices.

Échafauds mobiles.

Les échafauds mobiles sont ceux qu'on peut faire marcher tout montés pour des opérations qui doivent se faire successivement sur les faces ou dans les parties élevées des grands édifices. Les plus ordinaires sont ceux construits en forme de tours, montés sur des roues ou des rouleaux, de manière à pouvoir être poussés ou tirés simplement par des hommes ou des animaux, à l'aide de cabestans ou de quelques autres machines.

Un des plus remarquables en ce genre est celui qui fut imaginé, en 1773, par Pierre Albertini, *soprastante*, ou chef des ouvriers de la fabrique de Saint-Pierre de Rome, pour restaurer les ornemens et la dorure de la grande nef de cet édifice. Cet échafaud, qui posait sur la

saillie de la corniche de l'ordre intérieur, était disposé de manière qu'on pouvait le faire aller d'un bout de la nef à l'autre, par le moyen de mouffles.

C'était une espèce de cintre d'assemblage de 75 pieds de diamètre, composé de deux fermes formées par une combinaison d'entraits et d'arbalétriers qui, en se moisant, présentaient des polygones inscrits les uns dans les autres. Ces fermes, posées à 18 pieds l'une de l'autre, étaient réunies par des entre-toises, fortifiées par des croix de Saint-André, formant onze planchers ou étages, correspondans à autant de points de la circonférence de la voûte, et facilitant ainsi le travail dans toute son étendue. Les dessins de cet échafaud ont été gravés à Rome, aux frais du gouvernement; les Planches qui le représentent font partie de la collection de la Calcographie pontificale.

Échafauds volans.

L'échafaud mobile, exécuté en 1756, pour restaurer la coupole du Panthéon de Rome, et dont le dessin se trouve dans la seconde partie de l'œuvre de François Piranesi sur les temples antiques de cette ville, peut passer pour une des inventions les plus ingénieuses et les plus hardies. Il était composé de deux demi-fermes réunies, formant un quart de cercle; l'extrémité inférieure de cette machine portait entièrement sur la saillie de la corniche de l'attique (qui n'a guère que 30 pouces): l'autre extrémité était retenue autour d'un poinçon arrondi, passant entre le deux fermes, et fixé au centre de l'ouverture qui éclaire cet édifice, au moyen d'une enrayure fort simple. En promenant ce quart de cercle, comme une branche de compas, sur la corniche qui lui servait d'appui, on atteignit successivement à tous les points de la superficie de la voûte. Un échafaud du même genre, mais beaucoup plus compliqué, fut aussi exécuté, en 1773, pour réparer la coupole de Saint Pierre. La gravure de ce dernier fait partie de la collection de la Calcographie pontificale.

CHAPITRE DEUXIÈME.

DES CINTRES.

La composition de charpente la plus simple et la plus naturelle pour soutenir la maçonnerie des voûtes jusqu'à la pose de la clef, celle qui a dû être mise la première en pratique, est, sans contredit, le cintre portant de fonds, formé de pièces cintrées posées sur des supports verticaux distribués à distances égales, comme les ordonnées de la courbe: Figure 1, Planche CXXVI. Dans la suite, la difficulté de trouver assez de résistance dans le sol, l'élévation à laquelle les voûtes se trouvèrent placées, ou enfin, comme dans les ponts, la nécessité de laisser un libre cours à la navigation, contraignirent l'art de suppléer à ces dispositions primitives par l'artifice des combinaisons. Telles sont, selon toute vraisemblance, les circonstances qui donnèrent lieu à l'invention des cintres composés de fermes n'ayant d'appui qu'à leurs extrémités.

Dans l'impossibilité d'opposer la résistance la plus directe à l'action du poids des voûtes jusqu'à leur entier achèvement, l'attention dut naturellement se reporter sur les constructions mêmes qui devaient les soutenir, pour emprunter d'elles d'autres points solides. Une ferme, composée d'un entrait et de deux arbalétriers, Figure 2, fut sans doute la première combinaison que l'état des choses ait fait naître, et d'après le terme auquel les anciens se sont arrêtés dans la grandeur des arcs et des voûtes de leur édifice (60 à 75 pieds), et la puissance des moyens qu'ils ont déployés dans toutes les occasions, on peut être fondé à croire que ce système primitif, modifié en raison de l'étendue de l'espace, Figures 3, et 4, et de l'espèce de construction, devint le type de tous les cintres de ce genre. Au reste quand on considère que la forme de leurs arcs et de leurs voûtes fut constamment celle d'une demi-circonférence de cercle, on conçoit qu'ils n'aient jamais rencontré les limites de la résistance des bois combinés de cette manière.

Ces cintres, dans lesquels on retrouvait toute la solidité des cintres fixes, avaient aussi sur eux l'avantage de pouvoir s'établir en tous lieux, et de pouvoir être montés et démontés ensuite, avec autant de promptitude que de facilité. D'ailleurs, toutes les fois que les piédroits présentèrent assez de stabilité pour résister à l'effort d'écartement que les arbalétriers exerçaient contre eux, ainsi que dans les arches des ponts,

l'entrait dût être supprimé comme inutile. Telle est, à défaut de toute tradition à cet égard, l'opinion que l'on peut se former sur la composition des cintres employés par les anciens pour la construction des voûtes, et à laquelle le système des fermes de leurs combles, d'une part, et de l'autre, les pierres saillantes et encorbellemens réservés à l'intrados des ponts Cestius, à Rome, et du Gard, à Nimes, Fig. 6 et 7, prêtent un certain degré de probabilité.

Si Rome antique avait offert les premiers et les plus importans ouvrages de ce genre, ce fut aussi dans cette ville qu'on vit paraître en ces temps modernes, à l'occasion des voûtes de Saint-Pierre, le modèle de cintre le plus considérable. Cette belle composition, Figure 8, dont l'invention est attribuée à Antonio da San Gallo[1], et que Michel-Ange mit en pratique, a été regardée depuis, par divers auteurs, comme pouvant servir de règle, et employée avec succès dans plusieurs circonstances, principalement pour la construction des ponts[2].

Cependant la combinaison des cintres de charpente éprouva encore de nombreuses variations. La force des bois mieux appréciée fit naître un nouveau système, plus savant, moins dispendieux, et qui parut d'abord mieux approprié au degré d'importance qu'il convient en général d'accorder à des établissemens temporaires. Parmi les essais divers qui furent tentés, l'avantage demeura en dernier lieu aux cintres dits *retroussés*, formés de polygones inscrits dans la courbure de la voûte, Figure 10, au moyen de pièces de médiocre grandeur, qui se butent par leurs extrémités, et transmettent ainsi de l'un à l'autre l'effort de la charge jusque sur les piles ou les culées.

J.-H. Mansard passe pour être l'inventeur de ce système, dont il fit l'application au pont qu'il construisit à Moulins, en 1706; mais on pourrait, avec justice, en attribuer l'idée première à Claude Perrault, qui le premier en avait proposé l'emploi quelques années auparavant, pour le pont de bois projeté sur la Seine, au-devant de Sèvres[3].

Après que le système des cintres retroussés eut été soumis, par le savant Perronnet, à une étude approfondie, l'opinion de ce célèbre ingé-

[1] Voyez *Historia templi Vaticani*, du Père P. Bonanni, Chapitre XII.

[2] Voyez *Templum Vaticani, et ipsius Origo*, de C. Fontana, lib. V, Cap. XXV. — Mémoires de l'Académie des sciences, pour l'année 1726. — Architecture hydraulique, de Bélidor, tome II, Livre IV, Chapitre XI.

[3] Voyez, ci-devant, à la page 104.

nieur fit prévaloir jusqu'en ces derniers temps ce moyen sur tous les autres. Il est vrai que, malgré leur élasticité et la mobilité de leur forme sous la charge des voussoirs, leur emploi, pour des arches et des voûtes de 60 à 70 pieds de diamètre, peut, à la rigueur, en prenant les précautions nécessaires, présenter toute la solidité désirable; mais comme ces sujétions entraînent à des dispositions extraordinaires pour le service des constructions[1], on en est venu à reconnaître que pour les arches au-dessus de 60 à 70 pieds d'ouverture, les cintres portant de fonds doivent être préférés, toutes les fois que leur établissement peut être praticable; et que jusques et en deçà de ce terme, les cintres à deux ou trois arbalétriers offraient aussi les plus grands avantages[2].

Presque tout ce que nous avons dit à la page 46 de ce Livre, ainsi que dans le Chapitre IV de la précédente Section, relativement aux combles dont le profil est formé par des lignes courbes, peut s'appliquer aux cintres.

Les courbes qui servent à former leurs surfaces convexes se disposent parallèlement lorsqu'il s'agit de former des surfaces cylindriques

[1] « Le pont d'Orléans (*construit sur cintres retroussés*) est la premier pour lequal on sache positivament comment ont été axécutées les différentes parties de la construction. Les matériaux étaient approchés *sur un pont de service* placé peu an dessus des naissances des voûtes, et élevés avec de grandes grues qu'on avait d'abord posées sur le sommet du ciotre, mais qu'on reporta ensuite sur les piles, *parca qua le mouvement de ces grues fatiguait trop la charpente*. Elles faisaient le service de la partie inférieure des voûtes. *Les voussoirs du sommet étaient élevés avec d'autres grues plus petites placées sur la pont de service*.....

» La construction des voûtes du poot da Moulins (*celui de M. de Régemortes*) offre une disposition différeote. On a vu qua leurs cintres étaient très-fixes et très-solides. (Voyez Figure 12, même Plancha.) Cette circonstance, en ootre des avaotages qu'elle présentait pour la bonne exécutioo de la maçonnarie, a permis d'établir le pont de service sur ces cintres. Il était formé par un plancher de niveau, plus élevé que le sommet des voûtes, et porté sur des chaises qu'oo déplaçait suivant qua l'exigeait le service de la maçonnerie. Sur ce planchar ètaiant établies des doubles chèvres, machines formées par deux chèvres accolées, sous lesquelles des chariots amenaient la pierre, et qui la soulevaient et la redescendaient par une ouverture pratiquée dans le plancher à la place qu'elle devait occuper. *Le service, fait ainsi, offrait une telle facilité, qu'on a pu cintrer, construire et décintrer une arche en quinze jours.* » (*Extrait du* TRAITÉ DE LA CONSTRUCTION DES PONTS; *par M. Gauthey, Livre IV, Chapitre IV*.)

[2] Telle est l'opinioo à laquella la majorité des voix s'est réunie dans le conseil des ponts et chaussées, lors de l'examen du projet du pont d'Iéna, opinion que nous avions également émise dans ootre MÉMOIRE HISTORIQUE SUR LE DÔME DU PANTHÉON FRANÇAIS, OU NOUVELLE ÉGLISE DE SAINTE-GENEVIÈVE, publié an 1796.

ou coniques; et pour les surfaces sphériques ou sphéroïdes, comme celles des dômes, elles doivent tendre au centre de la courbe du plan.

Les cintres ont beaucoup de rapport avec les combles dont la surface est courbe en élévation, parce que, dans les uns et les autres les armatures qui les fortifient sont en dessous.

Ainsi, les fermes représentées par les Fig. 1, 2, 3 et 4 de la Pl. LXXXIII, peuvent également servir pour des cintres comme pour des combles de même profil, en les fortifiant en raison de la grandeur des voûtes qu'ils doivent soutenir, et de la manière dont elles doivent être construites, c'est-à-dire en briques, en moellons, ou en pierres de taille.

Cintres en menuiserie.

On ne fait guère usage de cintres de charpente que pour les voûtes en pierre de taille, dont le poids étant considérable, exige des cintres très-forts. Pour des voûtes plus légères, comme dans la Figure 5, Planche CXIX, on peut se servir de courbes en planches doublées, moisées et entretenues par des planches, des madriers, ou pièces de charpente, en raison que leur diamètre ou leur charge sont plus ou moins considérables. On peut éviter par ce moyen de mettre des étais pour soutenir le milieu, ce qui devient avantageux, surtout lorsque la pièce que l'on doit voûter est fort élevée.

On pose les courbes en planches, dont on forme les voûtes, sur des sablières qu'on place le long des murs, à la hauteur de leur naissance, et qu'on soutient au-dessous par des poteaux; on espace ces courbes depuis 18 pouces jusqu'à 2 pieds, selon que la voûte est plus ou moins pesante, Figures 6, 7 et 8.

Si c'est une voûte en berceau, les courbes se rangent parallèlement, comme on le voit indiqué par la Figure 6.

Pour une voûte en arc de cloître, on pose deux courbes rallongées selon les diagonales, et deux autres en croix selon le cintre primitif, et l'on garnit le reste avec des parties de courbes KI, IO, MN, NL, posées en empanons, et arrêtées sur les courbes en diagonale, Fig. 7.

Pour une voûte d'arête, après avoir posé dans toute sa longueur des courbes espacées parallèlement comme pour une voûte en berceau, on en place d'autres par dessus en sens contraire, comme on le voit par la Figure 8, en *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, *f*, pour former le galbe des lunettes. Les premières, le long des murs, doivent former le cintre entier des lunettes, et

les autres ne sont que des parties qui vont en diminuant des deux bouts, jusqu'à l'endroit où cette lunette se perd dans le berceau qu'elle rencontre.

Pour les voûtes sphériques ou sphéroïdes, les cintres se composent de courbes tendantes au centre. Ces voûtes peuvent aussi se construire sans cintres; cependant ce moyen peut contribuer beaucoup à la promptitude de l'exécution[1].

Dans les pays où l'on construit les voûtes en moellons ou briques, maçonnés en mortiers, on cloue, sur ces courbes, des planches de sapin, pour les réunir et former un relief qui sert pour ainsi dire de moule à la voûte.

Ces cintres, ainsi formés, sont soutenus en dessous par un rang d'étais sous le sommet, et deux autres vers le milieu des reins; ils sont assez solides pour soutenir des voûtes de 18 à 20 pieds de diamètre sur 12 à 15 pouces d'épaisseur.

En visitant les ruines des édifices antiques, j'ai reconnu que les anciens Romains construisaient leurs cintres de cette manière. On voit en plusieurs endroits des Thermes et du Colysée, sur la surface intérieure des voûtes qui n'ont pas été enduites, et sur plusieurs de celles dont

[1] Lorsque Bruneleschi proposa de construire la coupole de Florence sans cintre, il trouva autant de contradicteurs qu'il y avait alors d'architectes, d'ingénieurs et de mathématiciens qui avaient été convoqués pour aviser aux moyens de construire une aussi grande coupole à plus de 165 pieds de hauteur. Tous les projets proposés présentaient pour établir des cintres (dont on croyait qu'il n'était pas possible de se dispenser), des ouvrages de maçonnerie et de charpente si considérables, qu'enfin on se détermina à accepter les offres de Bruneleschi; et lorsqu'il eut fait voir son modèle, qu'il avait tenu caché jusqu'alors, personne ne douta plus de la possibilité de son moyen. L'observation d'un fait qui tient moins à la théorie qu'à la pratique, triompha seul dans cette circonstance, d'une difficulté qu'on pourrait nommer imaginaire. En effet, c'est pour avoir compris que dans une coupole quelconque, chaque couronne d'assise ou de voussoirs formant un système complet, il en résulte qu'on ne peut jamais avoir à soutenir de la voûte que la largeur de l'une de ces couronnes, jusqu'à ce que le cercle soit entièrement formé. Au reste, l'armature dont Bruneleschi fit usage est assez semblable à celle qu'on a employée pour la construction des coupoles de l'église de Sainte-Geneviève, ainsi qu'on en peut juger par la figure que G.-B. Nelli en a donnée dans son mémoire intitulé RAGIONAMENTO SOPRA LA MANIERA DI VOLTARE LE CUPOLE SENZA ADOPERARVI LE CENTINE, imprimé à Florence en 1753.

Angelo Rocca, auteur contemporain, dit qu'on employa pour les cintres des deux coupoles de Saint-Pierre de Rome, cent mille grandes pièces de bois, dont cent étaient si grosses, que deux hommes pouvaient à peine les embrasser. Le cintre de la coupole intérieure était composé de seize fermes doubles, Figure 10, Planche CXXVI, réunies par deux enrayures, formant chacune un polygone horizontal de seize côtés. La première enrayure était soutenue par quatre-vingt seize pièces de bois inclinées, auxquelles on donne le nom

les enduits sont tombés, l'impression des veines des planches de sapin qui formaient le dessus des cintres.

Dans plusieurs endroits d'Italie, au lieu de planches, on cloue sur les courbes des cannes ou roseaux pour former la surface des cintres; et, afin de la rendre unie et régulière, on recouvre ces roseaux avec un mortier de terre détrempée avec de l'eau, avec lequel on figure quelquefois en relief le renfoncement des caissons et autres compartimens dont on veut enrichir les voûtes.

Les cintres pour les grandes voûtes en pierre de taille, d'arête, d'arc de cloître, ou sphériques, se composent de fermes ou demi-fermes, disposées comme les courbes en planches, et espacées en raison de la grandeur et du poids de la voûte, et de l'épaisseur des couchis ou madriers dont ils doivent être recouverts pour soutenir les voussoirs.

Cintres en charpente.

L'art de disposer les pièces de bois qui doivent composer un cintre de charpente, de manière qu'il puisse soutenir, sans se déformer, tous les efforts des voussoirs jusqu'à ce que la clef soit posée, et de déterminer les dimensions de ces pièces, exige des connaissances qui sont ordinairement au-dessus de la portée des entrepreneurs qui en sont chargés; mais aussi on peut dire que les savans qui se sont occupés de cet objet

de contre-fiches. Le point d'appui de ces contre-fiches était dans des entailles pratiquées contre la partie inférieure de la voûte; ce qui a fait dire à l'auteur que nous venons de citer, que l'assemblage de ce cintre était fait avec tant d'art, qu'il paraissait suspendu en l'air.

En effet, on voit, par les dessins qu'en a donnés Charles Fontana dans la description de ce superbe temple, dont la Figure 10 offre la réduction, que la disposition des pièces de bois, qui formaient le cintre, était fort bien combinée.

La seconde enrayure était soutenue par cent soixante contre-fiches, dont une partie portait sur un second rang d'entailles faites à 12 pieds environ au-dessus des premières, et l'autre sur les pièces de la première enrayure. Sur les flancs et au-dessus, le cintre était encore fortifié par des fermes formant un polygone circonscrit, afin d'approcher de plus près de la surface de la voûte.

L'utilité de ce cintre était plutôt de procurer un échafaud solide pour placer les machines destinées à élever les matériaux, afin d'accélérer l'achèvement de l'ouvrage, que pour soutenir le poids de la double coupole, qui, par la propriété de son plan, pouvait à la rigueur se construire sans cintre, avec encore plus de facilité que la coupole de Florence, dont le plan était un octogone.

Cependant il est bon d'observer que la première *demeura environ vingt années en construction*, tandis que *dans l'espace de vingt-deux mois* la coupole de Saint-Pierre fut entièrement terminée.

ne sont pas entrés dans assez de détails pour rendre leur travail utile. Leur théorie est si générale, qu'il est difficile d'en faire l'application à des cas particuliers, parce que, faisant abstraction dans leurs formules de la qualité des matériaux et de la manière de les mettre en œuvre, qui peuvent modifier et quelquefois même changer l'état de la question, les résultats qu'on en tire sont souvent plus éloignés de la vérité que les moyens pratiques de ceux qui n'ont que l'expérience.

En étudiant avec la plus grande attention tout ce que MM. Pitot, Couplet, Frézier et M. Lorgna de Vérone ont écrit à ce sujet, j'ai trouvé qu'il résultait de leur théorie que toutes les pièces de bois qui composent un cintre de charpente doivent se combiner de manière à soutenir, le plus avantageusement possible, l'effort que les pierres ou voussoirs font pour glisser sur leurs joints.

Comme les surfaces des pierres ne sont pas assez lisses pour glisser dès que le plan sur lequel on les pose cesse d'être horizontal, on a fait des expériences pour connaître jusqu'à quelle inclinaison ces pierres pouvaient se soutenir, et on a trouvé que les pierres dures, qui coulent avec plus de facilité, ne commençaient à glisser que sur un plan incliné d'environ 30 degrés. Les mêmes expériences faites avec des pierres posées sur du mortier frais ont donné pour la pierre dure 34 à 36 degrés, et pour la pierre tendre qui, en absorbant l'humide du mortier lui fait prendre corps presque tout de suite, jusqu'à 45 degrés, lorsque le centre de gravité des voussoirs ne tombe pas hors de leur base. Ainsi, en prenant 30 degrés pour le point où les voussoirs commencent à glisser, on est sûr d'avoir des résultats au-dessus de ceux que donnerait l'expérience; d'où il semble résulter qu'on ne devrait faire commencer le cintre qu'à cette hauteur. Dans plusieurs constructions de ponts antiques, tels que celui du Gard et le pont Cestius, à Rome, on voit encore les pierres saillantes sur lesquelles posait la base des cintres; elles sont situées de 25 à 28 degrés au-dessus de la naissance de l'arc. Cependant, pour les cintres des voûtes d'un grand diamètre, dont l'entrait a besoin d'être soutenu à une certaine distance, il vaut mieux faire commencer le cintre à la naissance, pour avoir un moyen de fortifier l'entrait en dessous, comme dans les Fig. 3, 4, 5 et 6, Planche CXXVII.

La charge des cintres qui ne commence qu'au-dessus de 30 degrés, va en augmentant jusqu'aux voussoirs qui joignent la clef et ne commence à perdre de son action, qu'après que cette dernière a été mise en place.

Afin de trouver une combinaison de pièces de bois qui résiste solidement aux efforts des voussoirs, il faut commencer par déterminer la position de l'entrait. Pour cela, quel que soit le cintre de la voûte, surhaussé, surbaissé, ou demi-circulaire, on tirera des points A et D, Figures 3, 4, 5 et 6, deux tangentes indéfinies qui se rencontrent au point F, par lequel on abaissera une perpendiculaire à la courbe; le point K, où elle la rencontrera, déterminera la position de l'entrait. Ayant ensuite divisé la partie KD en deux ou trois parties en raison de sa longueur développée, on tirera par les points de division E et G, Figure 3, d'autres perpendiculaires à la courbe, qui indiqueront la position de deux poinçons intermédiaires. Du point I, où la direction du premier rencontrera l'entrait, on tirera la ligne HIL qui indiquera en dessous la position d'une jambe de force pour soutenir la portée de l'entrait, et en dessus celle d'une contre-fiche pour contre-venter le haut du poinçon GT, soutenu de l'autre côté par la contre-fiche LM qui butte contre le poinçon du milieu. La partie au-dessous de l'entrait sera divisée en raison de sa grandeur en deux, trois ou quatre parties; par lesquelles on fera passer des moises RS, pour entretenir les jambes de force, poteaux et contre-fiches qui peuvent s'y trouver, Figure 6, et les empêcher de fléchir dans leur longueur.

Pour parvenir à connaître la grosseur des pièces de bois qui composent ce cintre, d'après les dipositions que nous venons d'indiquer, il faut commencer à chercher l'effort causé au droit de l'entrait par la partie RK au-dessus de 30 degrés, indiquée par les lettres $RigK$. Cet effort, qui agit selon la direction de l'entrait, en le pressant par les deux bouts, doit être au poids, comme l'horizontale iK est à l'arc KR, d'après la théorie expliquée au Chap. Ier. de la IVe. Section du Livre IXe.

Supposant le diamètre AB de la voûte de 72 pieds, et que le cintre soit composé de fermes semblables à la Figure 3, espacées de 6 pieds de milieu en milieu, on trouvera que le cube de la partie $RigK$ répondant à chaque entrait, est de 270 pieds qui peuvent être évalués au poids moyen de 150 livres par pied, ce qui produit 40500 livres; l'effort contre l'entrait devant être à ce poids comme iK est à KR, c'est-à-dire, à très-peu de chose près, comme 3 est à 5, on aura $\frac{40500 \times 3}{5} = 24300^{l}$ pour chaque bout, et pour l'effort entier 48600.

De ce qui a été dit sur la force des bois pressés par les deux bouts

dans le sens de leur longueur, Livre Ier., pag. 232 et suivantes, il résulte qu'une pièce de bois dans cette position peut soutenir jusqu'à 44 livres par ligne carrée, ce qui ferait 6336 livres pour chaque pouce; mais en réduisant cette force à moitié, il ne faudrait à cet entrait, entretenu comme il l'est dans sa longueur, que 4 à 5 pouces de grosseur pour résister à l'effort de la partie inférieure du cintre. Cependant, si l'on considère que cet entrait sert de corde à l'arc qui forme la partie supérieure du cintre, on reconnaitra facilement que l'effort résultant de la charge de cette partie de cintre, qui agit en sens contraire de celui de la partie inférieure, étant beaucoup plus considérable, le détruira entièrement.

La partie supérieure de la demi-voûte, depuis le point K jusqu'à la clef, ayant 33 pieds de circonférence moyenne, sur 7 pieds réduits de haut, et 6 pieds d'épaisseur, produit un cube de 1386 pieds, lesquels, évalués comme ci-devant à raison de 150 livres, produiraient un poids de 207900, dont le cintre doit supporter environ les deux tiers, c'est-à-dire 138600. Ce poids, porté par la partie supérieure du cintre, agira sur l'entrait qui lui sert de corde avec un effort qui sera à 138600 comme KM est à l'arc KEGD, comme 68 est à 63, qui donne 128405, dont ôtant l'effort en sens contraire de la partie de voûte inférieure que nous avons trouvé de 24300, restera 104105 pour la demi-voûte, et pour la voûte entière 208210. Mais, comme les contre-fiches prolongées HIL supportent plus de la moitié du poids, le plus grand effort sur l'entrait peut être réduit à 104105; de plus, le bois tiré par les deux bouts ayant le double de force de celui qui est pressé en sens contraire, chaque pouce carré résisterait à un effort de 12672, dont ne prenant que la moitié on trouverait, pour la grosseur de cet entrait, 16 pouces de superficie ou 4 pouces sur 4 pouces.

En cherchant les grosseurs des autres pièces de bois, on ne trouverait que 2 ou 3 pouces pour les pièces EI, IL, LT, LM et No, et 4 à 5 pouces pour les jambes de force et les contre-fiches PQ, HI. Si l'on voulait avoir l'effort juste de cette partie de voûte sur son cintre, il faudrait faire pour chaque voussoir cette proportion : le sinus total est au sinus de l'inclinaison du joint sur lequel il est posé, comme son poids est à la force qu'il faudrait pour le soutenir en agissant parallèlement au joint, qui est celle que doit lui opposer le cintre; ainsi, désignant le sinus total par s', le sinus de l'inclinaison du joint par s'',

le poids du voussoir par P, et la force qu'il faut pour le soutenir par F, on aura $s^t : s^a :: P : F$, d'où l'on tire $F = \frac{s^a \times P}{s^t}$; c'est-à-dire qu'il faut multiplier le poids de chaque voussoir par le sinus de l'angle du joint sur lequel il est posé, et diviser le produit par le sinus total. Ayant trouvé le cube du voussoir *g*K de 40 pieds, lesquels, étant évalués pour le poids à raison de 150 livres, donneront pour la valeur de P 6000; le sinus s^a étant de 51 degrés, on aura $F = \frac{6000 \times s^a. 51}{s^t}$ qui donnera 4663 pour l'effort de ce voussoir sur le cintre. En faisant la même opération pour chacun, on trouvera 116350, au lieu de 128405 que donneraient les deux tiers, en supposant que les joints des voussoirs puissent glisser à la moindre inclinaison; mais, comme ils ne commencent à glisser qu'à 30 degrés, on aurait $F = \frac{6000 \times s^a. 30}{s^t}$ qui donneront $F = 2150$ pour le voussoir *g*K, et pour le demi-cintre 81254. Mais il est essentiel de considérer qu'il ne suffit pas que chacune de ces pièces ait une force suffisante pour résister aux efforts partiels qui répondent au point où elles se trouvent placées; il faut de plus que leur ensemble ait une solidité et une stabilité capables de résister à la masse des efforts réunis et en mouvement, en ayant égard aux défauts et imperfections des bois, de leur assemblage, de leur pose en place, et enfin aux charges et accidens extraordinaires auxquels les cintres peuvent être exposés. C'est pourquoi je pense qu'on peut déterminer les grosseurs des pièces de bois dont se composent les cintres, par la méthode usitée pour tous les ouvrages de charpente qui ont de grands efforts ou de grandes charges à soutenir. Cette règle consiste à donner aux poteaux ou pièces de bois qui doivent résister à des efforts qui les pressent par les deux bouts dans le sens de leur longueur, depuis le douzième de leur longueur isolée jusqu'au dixième;

Aux pièces de bois tirées par les deux bouts dans le sens de leur longueur, depuis un trentième jusqu'à un vingt-quatrième;

Pour les solives, poutres et autres pièces qui sont chargées perpendiculairement à leur longueur, depuis un vingt-quatrième jusqu'à un dix-huitième.

Dans le cintre dont il s'agit, la plus grande partie isolée de l'entrait étant de 34 pieds, on lui a donné 14 pouces sur 15 d'épaisseur, et on l'a doublé d'une pièce de 10 pouces qui peut être boulonnée avec l'entrait,

ou, ce qui vaudrait encore mieux, réunie avec des frettes à écrous afin de moins affaiblir les pièces.

Cet entrait est soutenu par des jambes de force PQ, HI, qui sont maintenues à moitié de leur longueur par des moises, dans lesquelles sont emmanchées les pièces ou faux-arbalétriers qui portent les couchis.

Les jambes de force n'étant pas isolées dans toute leur longueur, au lieu du douzième on ne leur a donné que le quinzième de leur longueur. Ainsi, la jambe de force PQ ayant 15 pieds de longueur, on a fixé sa grosseur à 12 pouces carrés, et celle de l'autre HI qui a 19 pieds à 14 pouces sur 12.

La grosseur du poinçon EI, dont la longueur est de 5 pieds, sera de 5 sur 8 pouces pour répondre aux faux-arbalétriers qui forment le contour du cintre. Celle du poinçon LT, qui a près de 8 pieds, sera de 8 pouces sur 8 pouces, et celle du poinçon du milieu DM, qui a près de 9 pieds, sera de 9 pouces sur 9 pouces.

La grosseur des contre-fiches LI, LM, et du lien N*o* a été fixée à 8 pouces, et enfin celle des faux-arbalétriers qui soutiennent les couchis dont la longueur est de 8 à 9 pieds, a été fixée à 8 pouces sur 9 pouces.

En appliquant à ces dimensions le calcul de la force des bois, on trouvera pour chaque pièce une résistance de beaucoup supérieure aux efforts que la charge exerce directement contre chacune d'elles; mais si l'on fait attention au travail qu'éprouve un cintre dans son ensemble pendant la construction, à la nature de la matière, et au jeu dont les assemblages sont susceptibles, on sentira l'indispensable nécessité de cette force surabondante, pour assurer l'effet du système contre les causes accidentelles qui peuvent en déranger l'économie. C'est ainsi que dans l'organisation des êtres, la force excédante, accumulée sur les élémens passifs de leur construction, semble bien plus calculée pour les efforts extraordinaires auxquels l'animal peut se livrer, que sur les besoins de son état habituel. Faute d'avoir satisfait d'abord à ces indications de l'expérience et de l'observation, plusieurs constructeurs, trop confians dans les données de la théorie, se sont trouvés dans la nécessité d'étayer après coup des cintres établis d'ailleurs sur d'excellens principes.

La Figure 5 indique un cintre surbaissé, combiné d'une autre manière. L'entrait KK est déterminé par la même méthode que pour le

précédent; il est soutenu par deux jambes de force KQ formant arbalétriers, deux poteaux d'aplomb PT, et deux contre-fiches IH. La partie supérieure est formée de quatre arbalétriers KD, LI, trois poinçons EI, LM, EI', et de quatre autres pièces pour soutenir les couchis. Les grosseurs de toutes ces pièces sont dans la même proportion que celles de la Figure 3.

La Figure 6, qui indique un cintre en demi-cercle, *ou plein cintre*, est combinée de la même manière que celui de la Figure 5.

La Figure 7 représente un cintre elliptique surhaussé, qui ne diffère des précédens qu'en ce que la partie inférieure, étant plus considérable, est réunie par quatre rangs de moises, dont deux horizontales et deux inclinées; celles KG qui passent aux extrémités de l'entrait sont abaissés perpendiculairement du point F, sur la courbe.

Les pièces de bois détachées ARELGMD, dessinées sur une échelle double pour faire voir leurs coupes et entailles, répondent à celles des Fig. 3 et 6 indiquées par les mêmes lettres. A l'égard des assemblages, nous devons observer ici, qu'en général, ceux dits par embrèvement, dont nous avons conseillé l'emploi pour les fermes des combles (voyez ci-devant, page 118), sont les seuls qui puissent convenir pour les fermes des cintres [1].

Les Figures 1 et 2 de la Planche CXXVIII représentent deux combinaisons de cintre proposées par M. Pitot, pour les arches de pont, dans les Mémoires de l'Académie des Sciences, de 1726. Le premier, qui offre une imitation des cintres qui ont servi à la construction des voûtes de Saint-Pierre de Rome est celui dont l'auteur a fait usage pour les arches qu'il accola au pont du Gard : M. Pitot employa le même système de cintres aux ponts d'Orneson et de Dulac, sur le chemin de Carcassone à Perpignan. Le second a servi à la construction du pont de l'Ile-Adam. On voit que, par rapport à la position des entraits, elle s'accorde avec celle que nous avons proposée, ainsi que celle des

[1] Les Figures 1 et 2 de cette Planche indiquent deux manières de cintrer des arcades, que j'ai vu pratiquer à Rome. La première était pour des arcades que l'on construisait. Les parties A et B étaient remplies en maçonnerie de briques.

La seconde manière, Figure 2, était pour soutenir une arcade et la partie du mur au-dessus, pour refaire un des pieds-droits qui avait fléchi. Les plans de ses étaiemens, qui sont au-dessous, sont pris sur la ligne CD.

jambes de force et des pièces qui doublent les entraits dans le milieu. Les doubles arbalétriers EF, NL, donnent une grande force aux parties supérieures de ces cintres, et les rendent capables de soutenir solidement les constructions les plus massives sans se déformer.

La Figure 3 est une disposition de cintre de charpente, proposée par M. Lorgna, de Vérone, dans un ouvrage italien intitulé : *Saggi di statica e mecanica applicate alle arti.* Quoique les principes et les calculs sur lesquels il se fonde semblent justifier cette combinaison, nous pensons qu'elle n'est pas assez bien liée pour avoir la solidité et la stabilité nécessaires pour une grande voûte, telle qu'une arche de pont. Les jambes de force CD, EG, sont trop inclinées, et les faux poinçons AZ, BT, bien loin de soutenir l'entrait, pourraient le surcharger malgré les contrefiches *hi*. Les boules *a*, *b*, *c*, *d*, ont été placées pour indiquer la charge et l'effort du cintre aux points F, A,B, I.

On a représenté, par la Figure 4, la manière de disposer un cintre pour voûter un grand édifice, en profitant des échafauds de charpente faits pour la construction des murs. La base EF du cintre est élevée au-dessus de la naissance de 19 degrés environ.

La position de l'entrait GH est déterminée comme nous l'avons ci-devant expliqué. Cette voûte, quoique supposée construite en pierre, étant beaucoup moins lourde qu'un arche de pont, on a dû employer moins de pièces de bois dans la combinaison de son cintre.

En tête de son travail sur la composition des cintres de charpente, inséré dans les Mémoires de l'Académie des Sciences, pour l'année 1726, M. Pitot observe, avec raison, *qu'il faut éviter autant qu'il est possible de faire traverser deux pièces l'une sur l'autre par des entailles, comme les croix de Saint-André, etc.; car les deux pièces disposées ainsi, n'ont pas plus de force qu'une seule au point où elles se croisent.* Cette observation, à la justesse de laquelle il est impossible de ne pas se rendre, semblait devoir écarter entièrement certaines combinaisons, d'ailleurs très-ingénieuses, mais dont l'exécution eût entraîné l'emploi de cette vicieuse disposition. Par exemple, l'idée de diriger des extrémités du diamètre de la voûte, une série de triangles à la circonférence[1], dont les sommets eussent offert autant de points fixes et invariables sous le

[1] La fixité des culées équivaut ici à un entrait qui formerait le troisième côté du triangle.

poids des voussoirs, devenait absolument impraticable par la difficulté de transmettre l'effort dans un même plan, sans que les pièces ne s'anéantissent par les assemblages aux points ou plusieurs d'entre elles viendraient à se rencontrer. Il fallait donc renoncer à ce système, ou découvrir quelque moyen de lever un si grand obstacle. C'est ce qui a eu lieu en Angleterre, d'abord pour les cintres du pont de Blackfriars et ensuite pour celui du Strand, ou de Waterloo.

La Figure 11 de la Planche CXXVI, représente l'une des fermes de ces cintres : elle est composée de neuf triangles à la circonférence, formés par seize arbalétriers ou contre-fiches, qui se croisent deux à deux en un grand nombre de points, et trois à trois seulement aux points A, B, C. C'est ici que l'auteur, dont le nom ne nous est pas connu, a donné une preuve de sa haute intelligence, en imaginant de recevoir les extrémités opposées de ces pièces, dans une espèce de moyeu de fonte, dans lequel elles s'emboîtent comme les raies d'une roue, et transmettent ainsi directement tout l'effort du poids sur les points solides.

Au reste, on peut dire que l'inconvénient des bois entaillés à mi-épaisseur, se trouve plus que compensé par la multiplicité des pièces qui entrent dans la composition de ces cintres.

Les ingénieux procédés mis en œuvre pour opérer le décintrement des arches, et l'enlèvement des cintres, méritent aussi une mention particulière. Il en sera question au Chapitre III, Section IV du Livre IX.

CHAPITRE TROISIÈME.

DES ÉTAIEMENS.

Il faut à un architecte beaucoup d'expérience pour faire étayer un édifice comme il convient, sans y employer une quantité de bois superflue, comme font la plupart des charpentiers, pour se procurer plus d'ouvrage. L'étaiement d'un édifice exige plus de connaissances qu'on ne pense. Lorsque cette opération n'est pas faite à propos ou d'une manière convenable, elle contribue plus à la ruine d'un édifice qu'à son soutien. Souvent en étayant une partie on ébranle l'autre, ou l'on rejette inutilement la charge d'un point sur un autre point plus faible. Plus un édifice présente de caducité, plus on doit multiplier les précautions : il faut surtout éviter de trop forcer les étais. Comme les circonstances peuvent varier à l'infini, il est difficile de prescrire aucune règle fixe à ce sujet : tout l'art consiste à combiner les étaiemens de manière à ce qu'ils soutiennent les parties qui sont en mauvais état, sans altérer la solidité des autres.

Les Figures 1 et 2 de la Planche CXXIX indiquent la manière d'étayer un mur de face pour soutenir un trumeau séparant deux croisées, afin de former au-dessous une ouverture de boutique ou une porte cochère, en supprimant la partie de trumeau qui se trouve au rez-de-chaussée[1]. Ce moyen consiste à étrésillonner les croisées des étages au-dessus, en mettant des plates-formes *a*, *a*, le long des jambages avec des étrésillons *b*, *b*, en travers, inclinés alternativement en sens contraire, comme on le voit par la Figure 1. On soutient la partie du trumeau conservée par une forte pièce de bois, à laquelle on donne le nom de poitrail.

Pour parvenir à mettre en place ce poitrail, qui doit poser sur les jambages conservés BB des croisées supprimées au rez-de-chaussée, on pose des étais appelés *chevalemens*, parce qu'ils ont l'apparence de grands chevalets; ils sont composés d'étais *c*, *c*, inclinés en sens con-

[1] Cette opération, qui ne devrait pas être permise, puisqu'elle est contre tous les principes de solidité et de construction, est moins dangereuse pour des murs de face construits en moellons et plâtre, que pour des façades en pierres de taille, parce que, lorsque les premiers ont été bien maçonnés, le plâtre réunit les moellons avec assez de force pour que l'étrésillonnement des croisées puisse quelquefois suffire sans chevalement; mais on ne peut jamais s'en dispenser pour des trumeaux en pierres de taille.

traire, qui soutiennent une forte pièce de bois *f*, qui traverse le mur. Les étais inclinés, qui forment les pieds de ces chevalets ou chevalemens, sont arrêtés par le bas sur des couchis *e*, *e*, et par le haut contre la pièce qui traverse le mur, au moyen d'entailles pratiquées dans ces étais, indiquées par *d* dans les Détails plus en grand au-dessous de la Figure 1.

La Figure 2 représente un des chevalemens en profil.

Les Figures 3, 4 et 5 font voir la manière d'étayer les planchers d'une maison, lorsqu'on est obligé de reconstruire le mur de face; on suppose que les solives de ces planchers sont portées alternativement sur les murs de refend O, O, et sur le mur de face.

La Figure 4 représente une coupe parallèle au mur de face. Les premier et troisième planchers, dont les solives sont soutenues par le mur de face à démolir, ont besoin d'être étayés; mais comme le plancher intermédiaire doit porter les étais qui doivent soutenir le troisième plancher, il a aussi besoin d'être étayé. Il faut que tous les étais soient placés immédiatement les uns au-dessus des autres, avec des couchis *k*, *k*, par le bas, et des sablières *m*, *m*, par le haut. Lorsque le bâtiment, ou les planchers paraissent se porter un peu plus d'un côté que de l'autre, on doit, au lieu de poser les poteaux d'aplomb, leur donner un peu d'inclinaison dans le sens contraire.

On ne coupe pas les bouts des étais carrément; on leur donne une double inclinaison, comme on le voit indiqué par la lettre *q*, aux pièces qui sont au bas des Figures 3 et 4.

Il faut bien se garder de frapper ces étais pour les faire raidir, on se sert pour cela d'une pince qui agit avec plus de puissance sans causer d'ébranlement. Pour faire poser les étais dans toute leur épaisseur, on y met des coins qu'on fixe avec des clous.

Cintres et étaiemens qui ont servi pour la restauration des piliers du dôme de la nouvelle église de Sainte-Geneviève.

Les cintres et étaiemens qui doivent servir à soutenir des voûtes ou des arcades déjà faites qui ont besoin d'être réparées, ou pour rétablir leurs pieds-droits quand ils ont fléchi sous le poids dont ils sont chargés, comme il est arrivé à ceux qui soutiennent le dôme de la nouvelle église de Sainte-Geneviève, exigent une force et une disposition par-

ticulières. Les cintres qu'on a été obligé de faire pour rétablir ces piliers, représentés par les Figures 1, 2, 3 et 4, Planche CXXX, devaient être assez forts pour soutenir le poids dont les arcades sont chargées, qui est de près de vingt millions.

Un cintre ordinaire de charpente, composé de pièces de bois isolées dans leur longueur, eût été insuffisant pour un si grand fardeau. Ce n'est qu'après avoir médité longuement sur cette grave question, que je me suis décidé à former ces cintres et leurs pieds-droits de pièces jointives fortement reliées par des moises et des boulons. Dans chaque arcade, on a placé deux cintres composés chacun de trois rangs de pièces de bois jointives, formant des polygones concentriques, disposés de manière que les angles du second rang répondaient au milieu des côtés de ceux du premier et du troisième rangs; en sorte que tous les joints se trouvaient reliés par l'effet du croisement des pièces qui forment ces polygones, ainsi qu'on le voit indiqué par les Fig. 5 et 6. Les pieds-droits de charpente qui soutenaient ces cintres étaient composés de douze pièces de bois jointives AA, formant en plan une base rectangulaire de 3 pieds 4 pouces, sur 2 pieds 4 pouces. Ils étaient établis sur des massifs en pierre de taille BB, de 11 pieds de haut. Ces pieds-droits de charpente étaient maintenus dans leur hauteur (51 pieds depuis le massif en pierre), par six rangs de moises *m*, *m* et six grandes enrayures E, E.

Ces pieds-droits étaient placés à une distance de 2 pieds 7 pouces du nu des colonnes, afin d'avoir un espace suffisant pour travailler à la restauration des piliers du dôme. Cet espace X, était rempli par une construction mixte de maçonnerie et de charpente : cette dernière était combinée de manière a pouvoir se défaire par le bas, à mesure de la restauration, au moyen de pièces de bois en contre-fiches, indiquées par la lettre *b*, sans que le haut cessât d'être soutenu. Elles étaient assemblées dans des crémaillères posées le long des pieds-droits de charpente.

Dans la partie au-dessus du cintre, le vide avait été rempli par un arc P, en moellons piqués, maçonnés en plâtre, qui remplissait exactement l'espace entre le dessous des arcades et le cintre de charpente.

A l'intérieur des pieds-droits de charpente, on avait construit des dosserets en pierre de taille et moellons piqués, aussi maçonnés en plâtre, pour les maintenir dans toute leur hauteur. Ces doubles pieds-

droits ou dosserets supportaient un arc en pierre avec une construction au-dessus en moellons et plâtre, pour fortifier et entretenir le cintre de charpente dans toutes ses parties. Il résulte de cette combinaison de charpente et de maçonnerie en plâtre, que cette dernière ayant la propriété d'augmenter de volume, en faisant corps, elles se sont serrées l'une contre l'autre sans effort étranger, qui aurait pu ébranler la masse à soutenir pendant le temps de la restauration; et que, l'opération étant terminée, on a pu successivement démolir les parties de maçonnerie et de charpente, sans qu'il en soit résulté aucun mouvement dangereux par l'effet de la transmission du fardeau sur les parties reconstruites.

Un cintre tout en charpente, composé d'un si grand nombre de pièces, aurait été susceptible de se restreindre plus qu'il ne fallait pendant les travaux de restauration; d'un autre côté, un cintre de pierre venant à prendre charge sous le fardeau, avant le rapprochement que les anciennes et nouvelles constructions pouvaient éprouver: il devenait difficile d'ôter ces cintres et d'éviter les effets qui seraient résultés de leur suppression; au lieu que la compression, dont le bois est susceptible, se trouvait dans le cas de procurer le transport du fardeau sur les nouvelles constructions, sans ébranlement ni secousse.

La force de ces cintres avait été calculée pour résister, ensemble, à un effort de 20 millions, le plus grand qu'il fut possible de supposer, dans le cas où il se serait fait des ruptures qui eussent permis à tout ce qui répond à ces cintres d'agir isolément. Cette hypothèse outrée compense celle qu'on est obligé de faire pour établir le calcul sur la force des bois, en supposant les pieds-droits formés d'une seule pièce.

La grosseur de ces pieds-droits, étant de 3 pieds 4 pouces, sur 2 pieds 4 pouces, produit une superficie de base de 7 pieds 9 pouces 4 lignes, sur 51 pieds de haut, ce qui établit la proportion moyenne entre la hauteur de $\frac{1}{18}$. Il résulte des expériences citées au Livre Ier., pages 322 et suiv., qu'un cube de bois posé debout ne commence à se refouler que sous un effort de 44 livres par ligne superficielle; mais que cette force diminue en raison de ce que le rapport de la base à la hauteur augmente; en sorte que, pour une pièce dont la hauteur est de 18 fois la base, cette force se réduit à 20 livres, dont prenant la moitié, parce qu'il ne faut pas que ces pieds-droits se refoulent, on trouvera 1440 livres pour chaque pouce, 207370 pour chaque pied, 1612800 pour chaque pied-droit;

6451200 pour les pieds-droits de chaque arcade, et 25 millions 854 mille 800 pour ceux des quatre arcades, ce qui fait un quart de plus que le plus grand fardeau qu'ils aient pu avoir à soutenir.

Cependant, comme ces cintres sont composés d'un très-grand nombre de pièces de bois susceptibles de se rapprocher, avant de se refouler, sous un poids beaucoup moindre, on y a ajouté les dosserets en maçonnerie, dont la superficie est de 44 pieds pour chaque cintre, et 176 pieds pour les quatre. La moindre force de cette construction, pouvant être évaluée à 72 milliers par pied superficiel, procure à ces cintres un renfort de 12 millions 672 mille, indépendamment des parties en contre-fiches *b*, joignant le nu des piliers du dôme que nous n'avons pas compris dans cette évaluation, parce que la majeure partie de leur effort se porte sur les pieds-droits des cintres, dont elle augmente la charge en les maintenant. Il faut remarquer que la force du bois de chêne posé debout est deux fois plus grande que celle de la roche de Châtillon, qui est la pierre la plus dure de Paris.

OBSERVATIONS.

Les étaiemens du dôme de l'église de Sainte-Geneviève, commencés en 1798, ainsi que nous l'avons dit à la fin de la Ire. Section du Livre II, furent achevés en 1800; mais les travaux de restauration ne commencèrent qu'en 1806. Pendant cet intervalle, les progrès des dégradations, si alarmans et si rapides auparavant, devinrent insensibles, et parurent même s'arrêter entièrement : dès lors on ne douta plus de la possibilité de conserver intégralement, ainsi que nous en avions donné l'assurance, un des plus beaux édifices des temps modernes.

A l'égard des moyens de restauration, le but devait être, avant tout, de suppléer à ces ouvrages auxiliaires par des constructions permanentes, en s'attachant à altérer le moins possible la belle ordonnance intérieure de cet édifice [1].

[1] Il existe une erreur relativement à l'état primitif des choses, dont il est important que le public soit détrompé. On a cru que les piliers du dôme ne consistaient d'abord qu'en douze colonnes isolées, disposées angulairement trois par trois, au droit de l'ouverture des nefs. Cependant, bien que d'après le premier projet de Germain Soufflot (présenté au roi, le 2 mars 1757) le dôme dût être bien moins considérable qu'il n'est aujourd'hui, *l'espace triangulaire compris entre ces colonnes n'en était pas moins rempli par un massif de maçonnerie*. Il est vrai que M. Gauthey, dans le savant Mémoire

CHARPENTE.

Après l'achèvement des travaux de restauration le dôme fut transmis des eintres sur ses nouveaux points d'appui sans qu'il se soit manifesté aucun effet dans les constructions nouvelles; mais il fallait attendre que le temps vînt confirmer cette première épreuve. A l'appui d'une expérieuee de vingt années, nous sommes heureux de pouvoir invoquer aujourd'hui le témoignage honorable que M. le vicomte Héricart de Thury, directeur des travaux publics de Paris, a rendu dernièrement du succès de cette opération dans le sein de la chambre des députés des départemens [1].

qu'il fit pour réfuter l'opinion de M. Patte, sur l'insuffisance prétendue de ces mêmes piliers, avait avancé que non-seulement les piliers étaient assez forts pour soutenir la coupole projetée, *mais qu'il était possible de s'en passer et de ne conserver que les douze colonnes qui y étaient engagées;* mais ce n'était là qu'une hypothèse outrée, opposée à l'opinion contraire, et qui ne pouvait apporter et n'apporta en effet aucune modification dans les dispositions primitives.

[1] Voyez le Discours prononcé à la Chambre des Députés, dans la séance du 11 juillet 1828, par M. le vicomte Héricart de Thury, conseiller d'état, directeur des travaux publics de Paris.

FIN DU LIVRE CINQUIÈME.

NOTES ADDITIONNELLES

POUR SERVIR A L'EXPLICATION DE PLUSIEURS PLANCHES DONT LES FIGURES N'ONT ÉTÉ QUE MENTIONNÉES DANS LE COURS DE CE LIVRE.

PLANCHE LXXI.

Tableau de l'origine et des progrès de l'art de la charpente, selon la doctrine de Vitruve et d'après les monumens.

Les Figures 1, 2, 3 et 4 sont relatives à ce qui est dit dans Vitruve sur l'origine des constructions en charpente, et qui se trouve rapporté pages 2, 3 et 4 de ce Livre.

Les Figures 5 et 6 se rapportent aux maisons de la Suisse et de la Russie, dont il est fait mention page 4, dans la note.

Nous ajouterons ici, à propos des constructions en bois couchés, qu'on voit à Varsovie des coupoles polygonales exécutées en couches d'assemblage formant le cintre : tous les bois sont méplats; ils sont assemblés à plats-joints et arrasés sur toutes les faces. On retrouve dans ces procédés de construction toute la simplicité de l'industrie primitive. (*Voyez Planche CXXII, Figures* 3, 4, 5 et 6.)

Figures 7 et 8, *traces de la charpente des combles antiques retrouvées dans les frontons des temples.*

Ainsi que nous l'avons dit au commencement de ce Livre (page 8), l'ouvrage de Vitruve présente une lacune d'autant plus inconcevable, au sujet de l'état de l'art de la charpente chez les anciens, que, d'après tous les renseignemens que l'on peut recueillir d'ailleurs, cette partie de l'art de bâtir paraît avoir été déjà très-perfectionnée à l'époque où cet auteur écrivait. A l'endroit où il parle de la composition des toits, il règne une obscurité dont on a lieu d'être surpris, quand on pense, surtout, que les ouvrages de ce genre sont peut-être ceux, de tous, qu'il est le plus facile de décrire. Il est vrai de dire qu'ici la question se trouve compliquée par l'idée de retrouver dans la charpente des toits l'origine de quelques ornemens d'architecture, qui n'offrent plus qu'une imitation déjà éloignée de modèles très-variables de leur nature; aussi remarque-t-on la plus grande dissemblance entre les figures construites sur ces données. Tout le travail auquel Piranesi s'est livré à cette occasion semble avoir démontré que l'étude de cette question, ainsi posée, ne saurait jamais conduire à aucun résultat profitable [1].

[1] Voyez dans l'ouvrage intitulé, *della Magnificenza ed architettura de' Romani*, par J.-B. Piranesi les Planches, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 31, 32, 33 et 34.

Néanmoins on ne peut se refuser à reconnaître que certains ornemens d'architecture, ainsi que l'entend Vitruve, ne soient tirés des combinaisons de la charpente des combles; par exemple, le triangle formé par les larmiers droits et inclinés, qui couronne le frontispice des temples grecs, est bien évidemment l'image d'une ferme de charpente; mais c'est à peu près là la seule indication que l'art n'ait pas entièrement dénaturée. Cette observation doit paraître plus sensible par la vue des Figures 7 et 8.

Figure 9, *charpente du comble de l'ancienne basilique de Saint-Pierre, à Rome, d'apres* Carlo Fontana.

Ce que nous avons dit, pages 116 et suivantes, au sujet des fermes de la basilique de Saint-Paul hors-les-murs, peut s'appliquer à celles de la charpente de Saint-Pierre : la seule différence qui existe entre elles consiste dans les doubles fonctions du second entrait, qui, dans cette dernière, agit également en soulageant les arbalétriers dans leur portée, et en maintenant leur écartement. Nous avons fait l'application de ce système pour les changemens proposés dans les fermes de la salle d'exercice de Moscou (pages 136 et suivantes).

Du reste, les extraits suivans relatifs à cette charpente, n'ont d'autre objet que de venir à l'appui de l'opinion que nous avons émise, pages 8 et 116 de ce Livre, au sujet de la conservation des types de la charpente des combles antiques, et particulièrement de celui *pro cellis immani magnitudine*.

« Pendant que j'étais occupé du soin de recueillir tous les renseignemens qui » pouvaient encore exister sur cette très-sainte basilique, dit C. Fontana, liv. II, » chap. XI [1]; le dessin exact de la charpente du comble qui couvrait la grande nef » de cet édifice, me fut communiqué par un amateur des beaux-arts : la combi» naison m'en parut tellement ingénieuse, et la pente si bien ordonnée, que je » regardai sa publication comme pouvant être très-utile à l'architecture....

« *Le comble de cette très-sainte basilique fut disposé avec une telle intelligence,* » *qu'après avoir préservé, pendant nombre de siècles, l'édifice contre les intem-* » *péries de l'air; les bois dont il était composé se trouvèrent conservés au point* » *de pouvoir être employés pour former le toit du palais Farnèse qu'on admire* » *aujourd'hui dans cette ville*, etc. »

Le père Philippe Bonanni, qui a copié cette Figure dans sa Description historique de Saint-Pierre de Rome [2], fait mention d'un fait qui semble devoir ne

[1] Voyez l'ouvrage intitulé : *Il tempio Vaticano e sua origine con gli edifizii più cospicui antichi, e moderni fatti dentro, e fuori di esso; descritto dal cavaliere Carlo Fontana ministro deputato del detto famoso tempio, ed architetto. Roma, Francesco Buagni*, 1694.

[2] Cet ouvrage est intitulé : *Numismata summorum Pontificum templi Vaticani fabricam indicantia, chronologicá ejusdem fabricæ narratione ac multiplici eruditione explicata*, etc. *A Patre* Philippo Bonanni *Societatis Jesu, Romæ*. 1715. Voyez chap. IX, page 36.

plus laisser aucun doute sur cette importante question. Voici ce qu'il rapporte à ce sujet :

« Le manuscrit de l'Histoire universelle, composé en 1339 environ, par Rutilius Alberinus, Romain; et que, depuis, Annibal Scardova, Bolonais, a transcrit du vieux langage en langue vulgaire, contient le récit suivant qui ne peut » manquer d'intéresser le lecteur. Cette Histoire manuscrite, qui existe dans la » bibliothèque de la congrégation de Saint-Maur, à Rome, se trouve citée dans » l'ouvrage de l'illustre Ciampinus, tome VIII, page 130 : Torrigius en fait aussi » mention dans *les Cryptes du Vatican*, page 128.

» Lors de son avénement au pontificat, dit *Alberinus*, le pape Benoît XII fit » renouveler entièrement la charpente du toit de Saint-Pierre; cet important ouvrage, exécuté avec une grande perfection, ne coûta pas moins de 80 mille florins d'or. L'entreprise de cette opération fut confiée à Maître Ballo, de Colonna, » charpentier fort habile, et si consommé dans la pratique de son art, qu'il sut » dire exactement, même avant d'avoir mis la main à l'œuvre, le jour, l'heure et » le moment où le comble devait être terminé. Cet homme avait une si grande » expérience, qu'il descendait les vieilles poutres et enlevait les nouvelles avec » autant de facilité que s'il n'eût été question que de ciels de théâtres. De chaque » côté on voyait un homme à cheval sur l'extrémité de la pièce; mais pour toutes » choses au monde je n'aurais pas voulu être un de ceux-là. En démontant l'ancienne charpente on trouva une poutre immense et d'une grosseur surprenante : » *Je la vis, encore toute enveloppée des cordages dont on l'avait garnie, eu égard* » *à son extrême vieillesse; elle avait* 10 *pieds de grosseur, ce qui fut cause sans* » *doute d'une si longue durée; le bois était le même que celui de toute la charpente. L'on trouva dessus une inscription en lettres gravées, dont voici le sens :* » CETTE POUTRE EST L'UNE DE CELLES DU TOIT QUE FIT POSER LE ROI CONSTANTIN, » *et ces trois lettres antiques* CON, *se voyaient encore en plusieurs places.* Elle » était aussi ancienne que l'*alleluia*, etc., etc. »

Les détails qu'on vient de lire concourent, avec ce que nous avons dit plus haut sur les Figures 7 et 8, à faire penser que nous connaissons d'une manière bien certaine le premier et le dernier terme de la charpente des combles antiques, et que la Planche CV offre plusieurs exemples à l'aide desquels il est facil de satisfaire aux conditions indiquées pour les combles intermédiaires.

PLANCHE XCVIII.

Pont de Scamozzi. (Figure 4.)

Après avoir donné l'explication et la Figure du pont que Jules César fit construire sur le Rhin pour le passage de son armée, Scamozzi, qui avait recueilli de nombreuses observations sur les constructions de ce genre, lors de ses voyages en Allemagne, a essayé de réunir en un seul modèle ce qu'il a reconnu de mieux dans chaque exemple. Voici la traduction du texte qui accompagne, dans son ouvrage, la Figure représentée ici sous le N°. 4.

« En combinant les procédés employés à la construction du pont de César » avec ceux que nous avons observés dans plusieurs ponts établis sur le Danube » et ailleurs, et notamment pour celui qui existe depuis nombre d'années au-de- » vant de la cité d'Ulm, en Souabe, on pourrait obtenir de nouvelles dispositions, » non moins solides qu'agréables, et susceptibles d'une très-longue durée. C'est ce » qu'il sera facile de reconnaître par la description suivante d'un pont que nous » avons composé d'après ces données. Pour établir ce pont on fixera d'abord ver- » ticalement sur deux rangs, selon sa largeur, des pièces de bois accouplées A, B, » que nous nommerons colonnes, laissant entre elles une grosseur d'intervalle, et » proportionnées, pour la force et la grandeur, à la nature de l'ouvrage : par le » haut, ces colonnes seront reliées à l'intérieur, et dans le milieu, en dedans et en » dehors, par des traverses C d'une grosseur moindre, bien assemblées avec elles, » et soutenues sur des tasseaux.

» Au-dessus des colonnes on posera des poutres E, de même grosseur qu'elles, » et dont la longueur dépasse en dehors du pont : les traverses supérieures se- » ront d'un grand secours pour ce travail. Ces poutres seront maintenues dans » leur place au moyen de fortes chantignolles solidement clouées de chaque côté » des piles formées par les colonnes. De chaque côté du pont, au-devant des » piles, on enfoncera des pieux inclinés G, qui viendront buter contre les tra- » verses C placées à moitié de la hauteur des colonnes, et, de ce même point, à » l'intérieur, on dirigera des contre-fiches H, de grosseur moyenne, et convena- » blement inclinées, jusque sous les poutres, en observant que l'ensemble de ces » dispositions présente une certaine régularité. D'autres contre-fiches I seront » ensuite placées en dehors, entre les traverses du milieu et la saillie des poutres » transversales, avec lesquelles elles seront reliées par des étriers en fer. Voilà » quant à la formation des piles.

» Pour former le plancher du pont, on commencera par poser en balance, sur » les poutres, cinq rangs de fortes solives S, dont deux à l'aplomb des colonnes, » et les trois autres dans l'intervalle, de manière à figurer des espèces de modil-

» lons de chaque côté des piles; ces pièces recevront ensuite les sablières K, » qu'elles soulageront dans leur portée, et qui se prolongeront en ligne droite » d'une extrémité à l'autre; viendront après les lambourdes L, qu'on répartira à » peu de distance l'une de l'autre, en recroisant les sablières; enfin, ces dernières » seront recouvertes par des madriers posés dans le même sens que les sablières. Il » est bien entendu que tous ces bois devront être suffisamment cloués et bou- » lonnés ensemble. On ne saurait mettre en doute que des piles ainsi formées de » colonnes A, B, réunies par des liens C, contrebutées par des pieux inclinés G, » et par les contre-fiches H, I, et couronnées par les poutres qui supportent le » plancher du pont, ne composent un ensemble parfaitement solide; de plus, ce » pont pourrait facilement être couvert, en érigeant aplomb des colonnes, des po- » teaux pour soutenir un comble. Pour épargner à la charpente la fatigue que » l'effort du courant pourrait lui faire éprouver du côté d'amont, et défendre » l'ouvrage contre le choc des corps que le fleuve entraînerait dans son cours, il » conviendra de placer des pieux avancés O, à peu de distance des colonnes. » Cette disposition apporterait de grands avantages dans la structure et pour » l'établissement des édifices de ce genre : en premier lieu, l'écoulement des eaux » n'en éprouverait aucun obstacle; ensuite, la simplicité de sa construction ne » pourrait jamais rencontrer de difficultés, et l'ensemble n'exigerait qu'une mé- » diocre quantité de bois et de fer. Il n'est pas inutile d'ajouter que l'aspect en » serait fort agréable. »

A la suite de ce passage, l'auteur donne une description sommaire des ponts les plus remarquables qu'il ait vus, soit par leur étendue, soit pour la hardiesse de leur construction. A l'égard de ces derniers, c'est là qu'on peut se convaincre de la supériorité de certains peuples, en ce genre de construction, à une époque beaucoup plus reculée que celle du pont de Schaffouse, où ces sortes d'ouvrages ont été plus particulièrement connues en Europe.

« L'établissement des ponts sur des torrens larges et impétueux, dit Scamozzi, » nécessite l'emploi de moyens beaucoup plus compliqués que ceux dont nous » venons de donner la description : dans les endroits escarpés, lorsque l'espace » n'est pas trop considérable entre les deux rivages, on fait le pont d'une seule » arche; là où cette disposition cesse d'être praticable, on le forme de trois » arches, en fondant deux piles à égales distances entre elles et des bords, que » l'on réunit ensuite par des armatures simples ou doublées, placées à peu de » distance l'une de l'autre; le plancher est formé par un double rang de solives » qui se recroisent, et l'on finit par étendre du sable pour préserver le bois du » contact des pieds des chevaux et des roues des voitures. A l'égard de cette » dernière opération, nous pensons qu'il serait préférable de le couvrir d'abord » d'une couche de gros charbons, afin d'absorber l'humidité, qui abrége beaucoup » sa durée. En remontant le cours du torrent Eisach, depuis Trente jusqu'à

» Inspruck, on rencontre quantité de ponts bâtis de cette manière. Le premier » est celui de Levis, ville située au confluent du torrent de ce nom avec l'Eisack; » à *Cordau*[1], on en voit un très-beau composé de trois arches fort grandes; à » celui de *Leman*[2], où les arches sont plus grandes encore, les armatures forment » des arcs de cercle; le pont de Brixen est construit de même; enfin, pour ne pas » les citer tous, nous dirons seulement qu'il existe sur ce fleuve huit ou neuf ponts » plus ingénieux les uns que les autres.

» A Kopfstein, sur l'Inn, on voit un pont couvert, de 150 pas de longueur » (environ 760 pieds), dont la construction est également très-remarquable. La » ville de Béraun, place forte de la Bohême, qu'un incendie avait entièrement » détruite à mon passage en 1599, possède un pont couvert formé d'un double » rang d'armatures, soutenu sur deux piles placées à plus de 100 pieds l'une de » l'autre et des deux rives. Le pont de Nuremberg, formé aussi d'un double rang » d'armatures disposées en arc de cercle, et couvert comme le précédent, est au » nombre de ceux que je pourrais encore citer en ce genre. (*Extrait de l'Archi-* » *tecture universelle de Scamozzi*, 2ᵉ. *partie*, *Livre VIII*, *Chapitre XXIII*.)

Peut-être pensera-t-on comme nous, après la lecture de ce passage, qu'avant d'avoir connu, par le dessin, quelques ponts de ce genre, ces descriptions aient pu paraître insuffisantes à beaucoup de personnes pour l'intelligence de leur construction. C'est sans doute à cette omission de l'auteur qu'il faut attribuer l'oubli dans lequel ces renseignemens précieux étaient tombés jusqu'à ce jour.

PLANCHE XCIX.

Pont de Trajan sur le Danube. (Figure 1.)

Après avoir parlé des ponts les plus célèbres de l'antique Italie, le P. Montfaucon ajoute ce qui suit : « Quant aux ponts hors de l'Italie, rien de plus » magnifique que celui de Trajan sur le Danube, si nous nous en tenons à la » description qu'en fait Dion Cassios : *Il a*, dit cet auteur, *vingt piles en pierres* » *de taille carrées. Ces piles sont hautes de* 150 *pieds et larges de* 60, *éloignées* » *l'une de l'autre de* 170 *pieds*, *et voûtées en arcade. Peut-on ne pas admirer la* » *dépense d'un tel ouvrage? et cela dans un fleuve si grand*, *qui a tant de tour-* » *nans d'eau*, *et dont le fond est bourbeux et peu solide : on ne peut nullement* » *détourner son cours. Quoique ce fleuve soit fort gros en cet endroit*, *il l'est beau-*

[1] Les noms de ville sont très-inexactement écrits dans Scamozzi; nous n'avons pu trouver celle-ci dans aucun dictionnaire géographique.

[2] Même observation que pour la ville dont le nom précède.

» *coup moins que dans d'autres, où on le voit deux ou trois fois plus large, en*
» *sorte qu'il ressemble à une mer; mais comme il se rétrécit en cet endroit où le*
» *passage est plus étroit, pour s'étendre de nouveau lorsqu'il n'a plus de barrière*
» *qui le resserre, il est là beaucoup plus rapide; ce qui augmenta la difficulté de*
» *l'ouvrage. Cela n'effraya pourtant pas Trajan, dont la grandeur d'âme parut*
» *en cette occasion. Ce pont n'est plus d'aucun usage, les piles seules restent et*
» *semblent ne s'être conservées que pour nous faire voir qu'il n'est rien que l'esprit*
» *humain ne puisse tenter.* »

« Dion ajoute qu'Adrien, successeur de Trajan, craignant que ce pont, fait pour
» passer au-delà du Danube, ne servît aussi aux Barbares, s'ils pouvaient s'en
» rendre les maîtres, pour passer sur les terres des Romains, fit abattre tout le
» haut du pont et les arcs; ou peut-être fit-il cela, dit-on, par jalousie, n'espérant
» pas de pouvoir jamais faire un pont semblable à celui-là.

» Rien de plus positif que le témoignage de Dion; et, si l'on pouvait s'y fier,
» il faudrait avouer qu'il n'y eut jamais de pont pareil à celui-là; mais la colonne
» Trajane ne s'accorde point avec cette description. Le pont y est représenté
» comme tous les autres bâtimens que les Romains firent en ce pays-là; il n'y
» paraît que deux petites arches de pierre à une des extrémités, tout le reste est
» une grande et belle charpente appuyée sur des piles de pierre. Ce pont con-
» vient en cela seulement avec la description de Dion Cassius, que les piles sont
» de grandes pierres carrées. Pour faire mieux remarquer la structure, tant des
» piles que de la charpente, je fais graver ici premièrement le pont tel qu'il est
» représenté sur la colonne Trajane imprimée, et ensuite deux piles en grand avec
» les arcades de bois, que le R. P. Dom Philippe Raffier, alors procureur général
» de notre congrégation en cour de Rome, me fit dessiner fort exactement.

» Non content de cela, je fis demander au comte Marsigli, qui a occupé des
» charges considérables dans l'armée de l'empereur en Hongrie, des remarques
» que je savais qu'il avait faites sur les lieux, et voici ce qu'il me fit l'honneur de
» m'écrire : *Les piles de ce pont restent encore, et ne peuvent jamais avoir été*
» *assez fortes pour soutenir un pont en pierre. Cela paraît aussi évident dans*
» *la colonne Trajane, où ces piles ne semblent pas faites pour cela. D'ailleurs,*
» *les Romains auraient-ils négligé de mettre sur la colonne ce pont si magnifique,*
» *tel qu'il avait été construit? L'auraient-ils, pour ainsi dire, dégradé en le re-*
» *présentant avec cette charpente sur des piles, et moins considérable que les*
» *ponts ordinaires? Le Danube a, en cet endroit, dit-il, un mille d'Italie de lar-*
» *geur : il y est si peu profond en été, qu'il aura été fort aisé d'y bâtir des piles*
» *de pierre, surtout dans un lieu où les matériaux se trouvent en grande abon-*
» *dance.* (*Extrait de l'Antiquité expliquée, de Dom Bernard Montfaucon,*
» *tome IV, 2e. partie, Chapitre IV.*)

PLANCHE CIV.

Constructions et levage des fermes de charpente, composées de pièces courbées, comme celles du pont d'Eglisaw.

Le pont de Melliogen, sur la Reuss, construit en 1794, par Joseph Ritter, maître charpentier de Lucerne, paraît avoir été un des premiers où l'on ait adopté le système des fermes cintrées. M. Chrétien de Mechel en a donné la description dans son Mémoire sur *les trois ponts les plus remarquables de la Suisse;* mais on regrette de ne trouver, parmi tous les détails dans lesquels il est entré sur cet ouvrage, aucun renseignement relatif aux procédés extraordinaires qu'exige ce genre de construction. Pour suppléer à cette omission, nous avions espéré de pouvoir offrir dans ce Livre une relation détaillée de tous les travaux du pont d'Eglisaw; mais les instructions nécessaires ne nous étant pas parvenues, et d'ailleurs les ponts de la Bavière étant établis par des procédés tout-à-fait semblables, nous avons emprunté la description que nous en donnons ici, dans le savant ouvrage de M. Gauthey, sur la construction des ponts.

« Les ponts de charpente étant généralement faits, en France, avec des pièces » de chêne d'une médiocre longueur, taillées dans le chantier, suivant la forme et » la courbure qu'elles doivent offrir dans l'ouvrage exécuté, ne comportent que les » procédés ordinaires de la charpente. Les fermes sont successivement établies » sur l'épure, assemblées et démontées, et n'exigent au levage aucun effort pour » être posées suivant la forme des cintres. Dans les ponts de Bavière, ces cintres » sont formés de longues pièces droites de sapin, ou en bois d'une nature ana- » logue, qu'il faut faire plier avec effort, et qui, se redressant ensuite et ne con- » servant qu'une partie de la courbure qu'elles ont reçua dans le chantier[1], exigent » qu'au levage on les soumette de nouveau à une certaine force pour leur faire » reprendre la forme qu'elles doivent conserver. Cette différence dans la nature » des matériaux en entraîne nécessairement une dans les procédés d'exécution. » Les fermes sont assemblées au chantier dans la position verticale, au moyen » d'un échafaud composé de palées coiffées de chapeaux, et supportant des pièces » sur lesquelles on établit d'abord les entretoises qui se trouvent au-dessous des » courbes. Ces courbes sont ensuite placées, en commençant par celles voisines » des naissances, qu'on fixe d'abord à leur extrémité inférieure, et que, par le » moyen d'une chaîne attachée à l'autre extrémité, on fait plier sur les entre- » toises. Elles sont maintenues dans cette position par des pièces de bois eu-

[1] Lorsqu'après avoir établi la charpente du pont dans le chantier, on la laisse sécher pendant quelques mois avant de la démonter, les pièces courbées perdent une partie de leur élasticité et conservent beaucoup mieux la forme qu'on leur a donnée.

» taillées, qui, faisant à peu près la fonction des moises pendantes de nos ponts, » saisissent par lo bas quelques pièces de l'échafaud. Quand le premier cours de » courbes d'une ferme est entièrement posé, on passe au second ; ot si, en faisant » plier les pièces, celles de dessus ne joignaient pas exactement celles de dessous, » on les tabletterait de manière à obtenir une entière juxta-position. Toute la » charpento des ponts ayant été ainsi établie, en y comprenant même les entre- » toises et les contrevents, on la démonte, et le levage s'exécute sur la rivière au » moyen d'un échafaud porté sur des palées, par des procédés absolument sem- » blables, ces palées offrant les points d'appui nécessaires pour recevoir les » courbes et leur faire reprendre leur courbure. » (*Extrait du Traité de la Construction des Ponts, par M. Gauthey, tome II, Livre IV, Chapitre IV.*)

PLANCHE CXII.

Plan et coupe de la salle d'exercice de Darmstadt.

On lit dans le *Journal von und für Deutschland*, octobre 1784, la description suivante de la salle d'exercice de Darmstadt :

« Ce bâtiment, l'unique dans son genre, a été bâti dans l'espace de neuf mois, » par M. Schubknecht, architecte. Sa longueur est de 319 pieds, et sa largeur » de 151 pieds du Rhin dans œuvre. Sa hauteur est de 83 pieds, dont les murs » n'ont que 32 pieds, et les 51 pieds restant composent le toit. Les murs ont » 9 pieds au droit des contre-forts, et ceux du reste du bâtiment 6 pieds d'é- » paisseur. »

On peut dire qu'un concours de circonstances favorables a seul manqué chez nous pour que la France ait joui depuis long-temps de l'avantage de ces salles immenses, et que c'eût été d'elle que les autres nations en eussent pris l'exemple, si les projets de notre Philibert de Lorme avaient pu recevoir leur exécution. Plein de confiance dans un système de charpente dont il put se croire l'inventeur, n'en connaissant alors aucun modèle, ce savant architecte eotrevit toute l'estension dont il ponvait être susceptible, et qu'on lui a donnée depuis [1]. Voici comment il s'explique à ce sujet dans son livre ayant pour titre : *Nouvelles inventions pour bien bastir et à petitz fraiz;* Paris, 1561.

« Estant sur ce propos, jo me suis advisé qu'il est aisé de faire un bien grand » édifice, ou salle, soit quarrée, longuo on ronde, ou trigone, ou hexagone, de » quelque figure que l'on voudra penser, et sans y faire grande maçonnerie. . . . .

[1] C'est de cette manière qu'était construite la coupole de le Halle au Blé de Paris, exécutée, ec 1782, sous la direction de MM. Legrand et Molinos, détruite par un inceodie en 1802. Elle se trouve gravée sous le N°. 71 de la 2e. partie du Recueil de Charpente de M. Krafft. Elle avait 20 toises de diamètre.

» J'en ay faict icy un desseing à plaisir, par lequel vous pouvez considérer quelle » invention ce serait. Voyez-y donc le plan d'une salle qui a 40 toises de longueur, » et 25 de largeur dans œuvre..... Ainsi me semble que ce serait une brave » salle de largeur et longueur, voir des plus qu'on ait ouy parler : belle à faire » festins et autres passe-temps, estant accompagnée de quatre singuliers pavillons » et telles galeries, sans aucune subjection, comme appert par la figure suivante..

» Sur ceste même invention, j'ay trouvé plusieurs autres façons qui sont ni » croyables à plusieurs, pour autant qu'ilz pensent qu'elles ne se puissent faire, » et se feraient aussi facilement et promptement que jamais fut fait œuvre. Je » proteste n'en avoir jamais ouy parler, ne trouvé en mes livres chose semblable.» (*Extrait des Chapitres XXI et XXII du Livre Ier. dudit ouvrage.*)

PLANCHE CXVI.

Détails de la charpente et des soffites de la basilique de Sainte-Marie majeure à Rome [1].

On ne saurait douter qu'il ne faille reporter aux anciens l'invention des procédés observés dans plusieurs églises d'Italie, pour la formation des soffites pratiqués sous la charpente des combles; et que l'ensemble de ces dispositions ne se soit perpétué jusqu'à nous par les imitations des bas siècles [2]. En effet, le caractère de grandeur qu'on remarque dans les plus anciens exemples de ce genre, atteste hautement, indépendamment de toute autre preuve, que l'ordonnance de leur décoration est une transmission immédiate de l'architecture antique. Quantà la disposition, les fermes de ce comble sont absolument semblables à celles de la basilique de Saint-Paul hors-les-murs, dont une est représentée par la Fig. 5 de la Pl. CV, et dont la description se trouve à la page 117; toute la différence consiste dans la hauteur relative des poinçons et la longueur des entraits. Aussi, n'est-ce pas du mérite de cette charpente dont il s'agit en ce moment, mais bien d'appuyer de l'autorité d'un exemple ce que nous avons dit (page 60) relativement aux avantages que l'art peut retirer de l'emploi de la menuiserie, pour former les plafonds des

[1] Le comble de cet édifice est composé de vingt fermes accouplées, et deux simples : les grands et les petits entraits sont en sapin, ainsi que les arbalétriers. Elle fut faite sous Eugene IV, en 1437, et Benoît XIII y fit faire quelques restaurations en 1724. Le plafond fut commencé en 1456, sous Caliste III, et fini en 1500, sous Alexandre VI. Benoît XIV fit retablir les dorures en 1750.

[2] Les épithètes de *tecta laqueata et cælata*, dont se sert Cicéron aux livres Ier. des Tusculanes, et IIe. des Lois, ne sauraient désigner autre chose que les ouvrages de ce genre; non plus que le *laqueatum auro templum* de Tite-Live; et les monumens de Baalbek et de Palmyre, offrent bien évidemment, dans plusieurs parties, ce mode de décoration, reproduit avec la pierre, comme on l'avait déja pratiqué pour les autres élémens de l'architecture grecque

grandes salles, sous des planchers ou des combles. Tout a été dit à l'égard de la durée que cette disposition procure à l'ouvrage; nous nous bornerons donc maintenant à appeler l'attention sur l'extrême simplicité de moyens à l'aide desquels on peut obtenir la décoration la plus magnifique. Les Figures de la Planche CXVI présentent l'ensemble de cette construction sur une échelle assez grande pour qu'il soit facile d'en bien saisir tous les détails.

On voit, Figures 3 et 4, que les cases des caissons sont formées avec des planches de sapin sur lesquelles sont appliquées des moulures; deux de ces planches sont arrêtées sur des tasseaux *bb*, Figures 1 et 3, clouées contre les grands entraits; les côtés en retour sont formés de planches découpées, posées dans œuvre entre les premières, comme on le voit en D, Figure 4. Le fond est couvert par une planche F à laquelle la rosace est fixée par un boulon.

Quant à la richesse des ornemens, il est essentiel d'observer que ces compartimens sont susceptibles des mêmes modifications que tout ce qui appartient aux ordres d'architecture; et que, de même que certaines ordonnances n'en sont pas moins fort belles, quoique dénuées du travail de la sculpture, des soffites de ce genre produiraient également un fort bel effet avec de simples moulures. C'est ce dont on peut se convaincre en voyant le plafond de la magnifique loge du château de Fontainebleau.

Nous nous estimons heureux de pouvoir terminer cette note en annonçant que l'église de Notre-Dame de Lorette, dont la construction est confiée à M. Lebas, architecte, notre estimable confrère, offrira bientôt dans la capitale l'occasion d'apprécier jusqu'à quel point sont fondés les éloges donnés à ce genre d'ouvrage.

La Figure 7 fait voir l'arrangement intérieur des soffites de la basilique de Saint-Jean-de-Latran.

PLANCHE CXXI.

Figures 3 et 4, plan et profil d'un dôme en charpente, tiré de l'Art du trait de charpenterie de Nicolas Fourneaux.

Nous rapportons ici l'explication que l'auteur a donnée de cette composition dans la troisième partie de son Livre. On y verra, ainsi que nous l'avons dit page 130, qu'à cela près de quelques renseignemens un peu vagues sur l'effet et l'action de certains assemblages et de plusieurs détails pratiques qu'il est bon de connaître, on ne trouve dans cette description (non plus que dans tout le cours de l'ouvrage, très-complet d'ailleurs sous le rapport de l'art du trait), l'énoncé d'aucun principe certain sur les combinaisons de la charpente.

EXPLICATION DE LA TRENTIÈME PLANCHE.

« *Manière de construire un dôme.*

« *Quoiqu'il n'y ait point de trait, il ne faut pas moins de science pour l'exé-*
» *cuter, vu la quantité de pièces de bois à assembler et la grande sujétion pour*
» *les traits ramenerets; si on manquait un pareil ouvrage, il entraînerait la*
» *ruine d'un entrepreneur.*

» Pour l'exécution de cet ouvrage on fera deux fermes d'assemblages, telles que
» celle-ci paraît, qui se croiseront, dont les bouts des moises *oooo*, etc., indiquent
» les mêmes moises *aa*, *bb*, *cc*, etc. Le bout de la pièce *nn*, qui paraît sur le grand
» entrait de la ferme, est le bout de celle qui pose sur deux demi-entraits AA,
» qui paraissent en plan; cette pièce est de très-grande conséquence, c'est elle
» qui tient l'arrachement des deux demi-entraits pour l'autre ferme. On obser-
» vera aussi de faire l'enrayure de la même forme, afin que rien ne pousse au
» vide. Remarquez que les trois pièces *ab*, *bc*, *cd*, font un quart de cercle : les
» assemblages qui sont sur les pièces *dn* et *bn* ne peuvent donc jamais aban-
» donner les points *bc*. J'ai exécuté cette enrayure au cul-de-four de l'église de
» la Chartreuse de Gaillon, en Normandie; les pièces *a*, *b*, *c*, *d*, sont des arba-
» létriers bien assemblés à tenons et mortaises et d'embrèvement du haut et du
» bas, parce que ce sont eux qui reçoivent les efforts que l'entrait donne aux
» moises, comme aussi celui que le poids de la lanterne donne auxdits arbalétriers.

» J'ai fait paraître le dessus des moises *aa*, *bb*, *cc*, *dd*, pour faire voir leurs en-
» tailles. On fera en sorte aussi de mettre les jambes de force AB d'une force
» suffisante et *le moins inclinées que faire se pourra, pour la solidité et empêcher*
» *l'édifice de pousser au vide.* Je ne dirai rien de plus de cette construction qui
» démontre d'elle-même sa composition; cet ouvrage occasione beaucoup de
» façon, par rapport à son élévation, qui est considérable, tant par les écha-
» faudages que par les équipages, ce qui le rend très-dispendieux. »

PLANCHE CXXVI. (*Figure* 9.)

Cintre proposé par Mathurin Jousse, pour une arche de 100 *pieds de diamètre.*

EXPLICATION DE L'AUTEUR.

« C'est une chose évidente, et très-assurée, qu'en toute la charpente, la force
» et la solidité des pièces se doit mesurer par la pesanteur des fardeaux qu'elles
» sont obligées de supporter : ainsi, pour parler des cintres, qui sont des assem-
» blages pour faire des voûtes et des arcades, il est nécessaire qu'ils soient très-

» forts et bien assemblés, avec barres, étriers et chevilles de fer, ou pour le moins » de bois le plus ferme et le plus solide, parce qu'ils doivent supporter tout le » reste du dessus de la voûte. Comme il s'en fait de plusieurs façons, il y a aussi » différens moyens de les tracer, couper, hausser et surbaisser : mais ayant déja » enseigné ci-devant la manière dont il faut prendre les points et mesures, je ne » mettrai seulement ici que les Figures de ces différens cintres qui, étant bien » exécutés, seront fermes, solides et suffisans pour porter tel fardeau qu'on vou- » dra. Et, pour commencer, je montre premièrement en cette CXV°. Figure un » plein ceintre, ou point rond, qui doit être construit de bon bois, garni de courbes, » décharges, contrevents, moises et autres pièces nécessaires, lesquelles seront » faites, établies et assemblées comme j'ai enseigné aux précédentes Figures. »

On voit, avec regret, que l'explication de l'auteur ne contienne aucun renseignement sur la marche qu'il a suivie dans la composition de cette ferme. Faute de cette précaution, ce n'est qu'après l'avoir étudiée quelque temps que l'on peut parvenir à en bien saisir le mécanisme. Nous allons essayer de suppléer à cette omission, en ne considérant que la partie au-dessus de l'entrait.

L'auteur paraît avoir commencé par inscrire dans le segment du cercle, le polygone ABCEFG, formant, avec l'entrait, une espèce de ferme composée de cinq articulations. Comme un pareil assemblage n'eût pas manqué de varier de forme sous la charge de la maçonnerie, il a obvié à cet effet en reliant les deux points C, E, avec l'entrait, au moyen de moises pendantes CD, EH; mais cet assemblage n'eût pas encore présenté assez de fixité pour résister aux ébranlemens qu'occasionent les manœuvres de la pose des pierres. Il a donc fallu contreventer ces deux moises qui forment comme la clef de tout le système, au moyen des contre-fiches I, K, placées en continuité des jambes de force L, M, et de l'entretoise N qui reçoit leur butée.

Dans une arche d'une aussi grande dimension (100 pieds), les pièces formant les côtés du polygone n'auraient jamais pu avoir assez de fermeté poor résister à l'effort que la charge exerce sur elles perpendiculairement à leur longueur, il fallait donc les soulager dans leur portée. Pour le milieu, rien n'était plus facile, et les deux contre-fiches 1, 2, butant l'une contre l'autre entre les deux moises, en prolongement de celles qui étayent latéralement le système, remplissaient parfaitement l'objet. Il ne pouvait en être de même à l'égard des côtés AB, BC; EF, FG; les esseliers 3, 4, et les jambettes 5, 6, étaient les seuls secours que l'on pût emprunter de l'entrait et des moises, et ces appuis n'atteignaient qu'au tiers de la longueur des pièces : réduites aux deux tiers, leur portée eût été trop grande, mais on ne pouvait trouver d'appui pour des renforts qu'après avoir consolidé quelque point du système. Voici par quel artifice l'auteur est parvenu à remplir cette indication : il a d'abord divisé l'espace entre les deux moises par une clef pendante *a*, *b*, ensuite du pied des moises il a dirigé à droite et à gauche des contre-fiches

c, *d*, *e*, *f*, qui butent d'une part contre la clef pendante, et de l'autre contre le milieu des grandes contre-fiches I, K. Ainsi soutenues, ces dernières ont pu recevoir le pied des poinçons dirigés perpendiculairement sur elles des points BF, et dans lesquels viennent s'assembler les goussets qui fortifient la partie des arbalétriers qui était demeurée sans appui.

Plusieurs esseliers, goussets et contre-fiches concourent, avec ces moyens, à augmenter la résistance sur divers points de cette charpente; mais, en dernier résultat, tous ces artifices, assez ingénieux d'ailleurs, n'aboutissent qu'à former un assemblage plus propre pour les fermes d'un comble, que pour celles d'un cintre destiné à soutenir le poids de la maçonnerie d'une grande voûte. Il en est de même des deux autres Figures de cintres que l'auteur propose pour des voûtes surbaissées : toutes les pièces y sont, comme dans celle-ci, combinées avec une certaine adresse qui relève bien plus de la pratique que d'aucune théorie.

FIN DES NOTES ADDITIONNELLES.



MENUISERIE,

SERRURERIE ET COUVERTURE.

LIVRE SIXIÈME.

MENUISERIE.

PREMIÈRE SECTION.

DISPOSITION DES REVÊTEMENS ET DES ESCALIERS EN MENUISERIE

Notions préliminaires sur les bois de menuiserie.

La menuiserie[1] est l'art de travailler les bois, de les assembler et d'en former divers ouvrages d'utilité ou de décoration pour les besoins de l'architecture. On divise ordinairement la menuiserie en deux parties. La première comprend les ouvrages appliqués aux murs, voûtes, planchers et plafonds des bâtimens, et généralement toutes les constructions fixes exécutées par les procédés de cet art; on distingue celle-ci sous le nom de *menuiserie dormante*. On range dans la seconde partie tous les ouvrages de menuiserie qui servent à clore à volonté les issues pratiquées dans les murs des édifices pour s'y introduire ou pour y laisser pénétrer la lumière; on désigne celle-là sous le nom de *menuiserie mobile*.

L'art de la menuiserie remonte sans doute, ainsi que celui de la charpente, à la plus haute antiquité, et tout porte à croire que les anciens avaient atteint en ce genre le même degré de perfection qu'on remarque aujourd'hui dans ceux des ouvrages de leurs mains dont la matière a prolongé l'existence.

D'après le témoignage de Vitruve[2], on voit que les Romains n'employaient la menuiserie que pour former les portes, les plafonds et les divisions dans les édifices; ils lui donnaient le nom *d'opus intestinum*, ouvrage d'intérieur. Devenu, dans nos climats, un moyen d'assainir les habitations, cet art prit chez nous un grand développement, et l'architecture en a souvent tiré le plus grand parti pour la décoration.

[1] Ce mot, dont l'origine est douteuse, a sans doute été dérivé du verbe *amenuiser*, pour indiquer un ensemble formé d'un grand nombre de parties assemblées avec art.

[2] Livre IV, Chapitre IV, et Livre VI, Chapitre VII.

Qualités des bois le plus généralement employés dans la menuiserie de bâtiment, dite menuiserie d'assemblage.

[1] Les bois le plus généralement employés dans la menuiserie, sont : le chêne tendre et le dur, le châtaignier, le noyer, le hêtre, le sapin et le peuplier.

DU CHÊNE.

Les qualités du bois sont plus ou moins variables dans les arbres d'un même genre, mais en fait de bois de menuiserie, il n'y a presque que le chêne qui exige un choix particulier. En effet, indépendamment de la variété qui existe dans les espèces de chênes, ces bois présentent encore des différences remarquables dans leurs qualités, en raison de la nature du sol qui les a produits. Ainsi, dans les deux espèces de bois dur que nous employons en France, celui que l'on nomme *bois français* ou *de pays*, et qui vient du Bourbonnais, est dur, noueux, rebours, et difficile à travailler [2] : sa couleur est pâle et grise; il se tourmente ordinairement, il ne saurait convenir qu'à des ouvrages grossiers, qui ne demandent que de la solidité. On doit surtout observer de ne jamais l'employer pour faire des panneaux, parce qu'ils seraient sujets à se fendre et à se *cofiner*. L'autre, celui que l'on tire de la Champagne, est moins dur et moins noueux que le précédent; il est d'une couleur jaune, et peut s'employer pour des panneaux lorsqu'il est bien sec, et qu'après l'avoir refendu en planches ou *voliges*, on l'a laissé quelque temps à l'air.

Le bois tendre est celui que nous tirons de *Lorraine* ou *des Vosges* : il diffère des premiers, non-seulement parce qu'il est plus tendre, d'un tissu plus lâche, et qu'il est presque toujours sans nœuds ni *gale*; mais

[1] L'ouvrage de M. Roubo fils, sur l'*Art du Menuisier*, renferme, au milieu d'une foule de détails dont le goût est actuellement passé de mode, une série d'observations pratiques, dont quelques-unes lui sont propres, et qu'il est essentiel de connaître. Ce qu'on va lire est extrait, en partie, de cet auteur, que nous aurons plusieurs fois occasion de citer dans ce livre.

[2] D'après Vitruve (Livre II, Chapitre IX), ces qualités sont celles du *quercus* ou chêne proprement dit. Il n'est pas inutile de remarquer, en passant, que le *larix* et le sapin, *sapinea*, sont les bois plus particulièrement désignés par cet auteur pour les ouvrages de menuiserie.

aussi par sa couleur qui est très-belle, le plus tendre étant d'un jaune clair parsemé de taches rouges. Ce dernier ne doit s'employer que pour les panneaux et les ouvrages de sculpture, mais jamais pour les pièces d'assemblage, parce qu'étant *très-gras*, ses fils trop courts l'exposent à se casser.

Le bois *de Fontainebleau* tient le milieu entre le bois français et le bois des Vosges; il est moins dur que le premier et moins tendre que le second, ce qui le rend très-propre pour l'assemblage, ainsi que pour les moulures; il se travaille aisément, et reçoit mieux le poli que le bois des Vosges qui, étant trop gras, a ses pores très-ouverts, et demeure toujours rude, quelque précaution que l'on prenne en le travaillant.

Le défaut des bois de *Fontainebleau* est d'être sujets à une espèce de ver qui y fait des trous de la grosseur du doigt sur cinq à six pouces de long, et même plus, lesquels ne s'aperçoivent quelquefois que quand l'ouvrage est presque fait; il est aussi sujet à être fendu par le milieu, ce qui fait qu'il n'est propre que pour les bâtis, et presque jamais pour les panneaux. Sa couleur, un peu plus foncée que celle du bois des Vosges, est très-belle; son grain plus serré, et ses pores moins ouverts.

On fait encore usage de bois de chêne du Nord, dit *de Hollande*, qui ne diffère du bois des Vosges que par la manière dont il est débité.

DU SAPIN.

Ainsi que nous l'avons dit au Livre Ier. (pag. 180), le sapin n'est pas moins propre que le chêne aux ouvrages de charpente et de menuiserie; il faut cependant observer que ce bois n'acquiert pas partout le même degré de qualité. Les sapins qu'on emploie à Paris sont tirés de l'Auvergne et des Vosges; le premier a beaucoup de nœuds et se travaille difficilement; l'autre en a moins et est plus uni : mais tous les deux sont altérés par les saignées qu'on y pratique pour en extraire la résine. Dans cet état, ce bois est sujet à s'échauffer et à être mangé des vers; on ne doit l'employer qu'à de légers ouvrages, comme tablettes, cloisons et petites portes; car les autres ouvrages coûteraient toujours trop cher, vu leur peu de durée et leur mauvais usage. On le garantit cependant d'une destruction trop prompte en le couvrant de peinture à l'huile [1].

[1] Il est une espèce de sapin dont on ne fait que rarement usage à Paris, c'est celui que l'on nomme *sapin rouge* ou de *Hollande*. Sa qualité surpasse de beaucoup celle des

DU PEUPLIER.

Après le chêne et le sapin, le peuplier est le bois dont on fait le plus communément usage dans la menuiserie. On en distingue un grand nombre d'espèces; mais à défaut de ceux d'Italie, dont nous avons parlé au premier Livre, le peuplier blanc et le grisard ou grisaille de Hollande sont ceux qu'on emploie à Paris. Quand ils sont bien secs et bien choisis, on les préfère quelquefois au sapin, et particulièrement le grisard, parce que, leurs pores étant plus serrés, on les travaille généralement avec plus de propreté et de solidité.

A l'égard du châtaignier, du noyer, de l'orme, et autres bois qui possèdent en général toutes les qualités requises pour être employés dans la menuiserie, mais dont l'usage est assez rare dans celle de bâtimens dite d'assemblage, nous croyons ne rien devoir ajouter à ce qui a été dit à leur sujet dans la connaissance des matériaux.

Instruction sur le choix du bois propre à être mis en œuvre.

Pour être employés dans la menuiserie, les bois doivent être parfaitement sains; coupés vifs depuis cinq, dix et même quinze ans, en raison de leur dureté, et de la perfection qu'exigent les ouvrages; débités dans le droit fil; sans aubier, sans nœuds vicieux, sans *malandres*, sans *gelivures*, sans *roulures*, sans piqures de vers, rougeurs, ni aucune pouriture.

Les arbres morts sur pied ne sauraient produire qu'un bois d'un mauvais usage, attendu que l'humidité y étant desséchée, et la sève s'en étant retirée, il reste trop de vide entre ses pores, ce qui le rend faible,

sapins dont on vient de parler : en effet, il a non-seulement une solidité presque égale à celle du chêne, il est encore d'une couleur plus agréable et a des veines nuancées qui sont d'un bel effet; avantage qui lui permet, plus qu'à tout autre bois indigène, d'être employé sans le secours de la peinture. Il se travaille au moins aussi bien que nos chênes, et pèse beaucoup moins. Sa durée est plus grande, parce qu'avant d'être coupé il n'est pas saigné comme ceux d'Auvergne et de Lorraine.

Cette espèce de sapin se tire en majeure partie de la *Norwège*; il est transporté de la Hollande sur nos côtes, et jusqu'à celles de Bretagne, par des navires marchands qui, en venant y charger, se lestent avec ce bois, ce qui le rend commun et peu cher dans ces divers pays.

Il serait à désirer que l'usage de ce bois s'introduisît dans la capitale; il tiendrait le milieu entre le chêne et nos sapins, tant par la solidité que par le poids. On en sentirait l'avantage pour certains ouvrages où le chêne devient trop pesant, et dans lesquels le sapin serait trop peu solide.

sujet à gercer, à éclater, à se casser et à se pourir promptement : trop fraîchement coupés, les bois se dessèchent trop vite en œuvre, ce qui rend leur substance trop perméable par les variations de la température, et occasione un *travail* continuel dans les ouvrages de menuiserie.

L'aubier, les flaches, les nœuds vicieux, les gelivures, les piqûres de vers, rougeurs, et la pouriture, sont assez faciles à reconnaître pour qu'il soit inutile d'éveiller l'attention sur ces défectuosités. Il n'en est pas de même à l'égard des autres, et l'on ne saurait mettre trop de soin à les découvrir et à les éviter. Ainsi les malandres, qui sont des espèces de veines grasses, rouges ou blanches, plus tendres que le reste du bois, et qui pourissent d'ordinaire promptement, doivent être rigoureusement retranchées. Les roulures sont des défauts de liaison entre la croissance de la sève d'une année avec celle de la précédente, de sorte que le bois se sépare de lui-même : on sent combien il est important de rebuter les bois qui en sont attaqués.

Les gales et les fistules peuvent encore être comprises dans le nombre des défauts des bois, lorsqu'il s'agit d'ouvrages qui exigent une exécution recherchée, tels que les décorations d'architecture.

Les gales sont des défauts semblables à de petits nœuds, lesquels ne font qu'endommager la surface du bois qu'ils défigurent, sans pour cela le mettre hors de service.

Ce qu'on nomme fistule est la trace que l'on rencontre quelquefois des coups d'outils, tels que les haches, les coignées, etc.

Quelquefois aussi les fistules ne sont autre chose que la trouée faite par une balle de fusil.

Examen des différentes manières de débiter les bois.

Dans le premier Livre de cet ouvrage, nous avons traité de la connaissance des bois employés en pièces dans la charpente, tant sous les rapports de leur formation, de leur nature et de leur exploitation, que relativement à leurs qualités, à leur force et à leurs propriétés ; mais, comme en menuiserie on n'opère qu'avec des bois débités, il est nécessaire d'entrer dans quelques détails sur les effets qui résultent de la division qu'ils subissent pour être appropriés aux usages de cet art.

« [1] Au premier aperçu, rien ne paraît plus simple que le débit du bois

[1] *Traité de l'Art du Charpentier*, approuvé par l'Institut national, pour faire suite aux *Arts et Métiers* publiés par l'Académie des Sciences. Paris, Firmin Didot, 1804.

» destiné à faire des planches, dit M. Hassenfratz, dans son *Traité de* » *l'art du Charpentier :* tout consiste, lorsque l'on a déterminé la posi- » tion dans laquelle le bois doit être scié, Planche CXXXI, Figure 2, » à tracer des lignes qui aient entre elles les rapports donnés par l'é- » paisseur des planches, si les arbres ont la grosseur convenable, et à » distribuer, Figures 3 et 4, des levées, lorsque les arbres sont plus » gros que la largeur de la planche ne l'exige[1]. Cette méthode pratiquée » pour le bois ordinaire éprouve quelques variations, lorsque l'on veut » avoir des planches de choix qui se polissent facilement, *qui ne se* » *gercent et ne se courbent que le moins possible, et dont les influences* » *hygrométriques soient très-faibles ;* dans ce cas, il faut déterminer la » position des bois d'après la direction des fibres.

» En examinant les troncs des arbres, on distingue deux sortes de » traces : la première est celle des couches des croissances annuelles ; la » seconde, celle des fentes qui se font pendant le desséchement. Les » premières sont courbes, à peu près concentriques, Figure 1 ; les se- » condes sont droites, et dans la direction du centre à la circonfé- » rence : elles se nomment *mailles*.

» En coupant les bois, comme il est indiqué Figures 2, 3 et 4, on » obtient des planches très-variées ; celles du centre sont dans la direc- » tion de la maille A, Figures 2, 3, 4 et 10 ; mais les planches des extré- » mités D sont coupées par la maille ; celles-ci sont très-sujettes à se » fendre en se desséchant, D, Figure 10, et à devenir défectueuses ; elles » ont encore le défaut de se dessécher inégalement, Figure 11, et de se » courber dans leur largeur.

» Ces lignes, que l'on aperçoit sur le tronc des arbres dans la direc- » tion du centre à la circonférence, paraissent être formées par le » prolongement du tissu cellulaire qui porte à l'écorce les liquides in-

[1] On donne à ces levées les noms de *dosse* et *contredosse*. Les dosses sont les premières levées que l'on fait sur le corps de l'arbre pour l'équarrir, après en avoir ôté l'écorce, comme celles cotées D, Figures 2, 3 et 4.

Lorsque le diamètre de l'arbre est trop considérable, et qu'on craint que les dosses ne deviennent trop épaisses, on y fait une double levée, laquelle se nomme contredosse, c'est-à-dire qu'elle est entre l'écorce et le vif du bois, ainsi que sont celles cotées C, Figures 3 et 4. Lorsque le bois est beau, les contredosses sont très-tendres, étant très-proches des rives de l'arbre, elles n'ont de l'aubier que sur leurs extrémités, au lieu que les dosses en ont sur toute leur partie bombée. On verra plus loin que ces bois ne sauraient être employés pour les panneaux de menuiserie

« térieurs dont les bois sont remplis; cette substance a plus d'affinité » pour l'eau que le reste du bois. Lorsque les corps sont coupés dans » sa direction, ils présentent de grandes facettes brillantes que l'on » appelle *miroirs* dans quelques pays, *mailles* dans d'autres, d'où l'on » a tiré la dénomination de scier sur maille.

» Il paraît que les mailles sont les principales substances hygrométriques du bois, elles se renflent lorsque l'eau les pénètre, et se » compriment en desséchant. Lorsque les mailles sont dans la direction » de la planche, les variations hygrométriques n'ont lieu que dans son » épaisseur, et les panneaux n'en souffrent pas; mais lorsque les mailles » traversent les planches dans leur épaisseur, et les coupent comme » dans la Figure 11, alors les variations hygrométriques se font dans » leur largeur, de là les retraites considérables qu'elles présentent quelquefois; les fentes, les gerçures et même les courbures qu'elles prennent lorsqu'elles sont isolées.

» Pour éviter les défauts que produit la méthode de débiter les troncs » d'arbres, dans des directions perpendiculaires à la maille, comme D, » Figure 10, on a imaginé plusieurs moyens. Moreau, ancien marchand de bois de Paris, a proposé et fait exécuter la division indiquée, Figures 5 et 6, qui présente le double avantage de donner » des planches de toute largeur, de les scier sur maille, de retirer des » madriers, des chevrons dans les extrémités, et d'obtenir le plus de » bois possible d'un tronc donné [1].

» Les Hollandais sont depuis long-temps dans l'usage d'acheter les » beaux chênes des départemens des Vosges, du Haut et du Bas-Rhin; » ils les font écorcer sur pied, afin de profiter de leur aubier et augmenter leur grosseur. Quelquefois ces arbres sont refendus en quatre » avant d'être transportés, d'autres fois ces arbres sont transportés en » entier et refendus lorsqu'ils sont arrivés à leur destination; chacune » de ces parties est sciée comme il est indiqué Figure 9.

» La division du tronc en trois ou quatre parties dépend de la » grosseur du bois; à 1507 lignes 21 de circonférence [2] on le divise » en quatre; mais on le divise en six parties, et l'on débite chaque

[1] Il ne faut pas oublier de comprendre, dans le profit que procure cette méthode, les huit morceaux *a*, *b*, *c*, *d*, *e*, *f*, *g*, *h*, Figures 5 et 6, auxquels on donne le nom de *cantibais*, et qui peuvent servir à différens usages.

[2] 340 centimètres.

» partie suivant la trace, Figure 8. lorsque les bois ont 1241 lignes 2⁄3
» de circonférence [1].

» Pour des troncs d'une circonférence moindre, il faut employer
» des méthodes plus désavantageuses; ainsi, pour du bois de 886 ligne
» 59 de circonférence [2], on scie l'arbre en deux, Figure 7, et l'on re-
» fend chaque partie pour obtenir des planches de largeur différente.

» En comparant la méthode de Moreau avec chacune des trois
» autres, on voit qu'elle présente beaucoup d'avantage, soit par le
» bois obtenu, soit par la qualité des planches. »

Il y a encore une autre manière de débiter les bois pour former ce qu'on appelle le *merrain* ou *courson*, en terme d'ouvrier; il n'est pas refendu à la scie, mais au coutre, ainsi que la latte ou le bois des seaux. Anciennement ce bois était fort en usage; mais, depuis que l'on donne une certaine grandeur aux panneaux, on l'a totalement abandonné, les plus longues pièces n'ayant que quatre pieds à quatre pieds et demi de longueur : *on ne s'en sert plus que pour des panneaux de parquet*, le reste étant employé à faire des seaux, des douves de tonneaux et des lattes, ce qui fait que le beau bois devient très-rare en France, le plus beau étant employé à ces sortes d'ouvrages.

Dimensions des bois débités.

Les bois débités en grosseurs, largeurs et longueurs appropriées aux divers besoins de la menuiserie, et qu'on appelle *bois d'échantillon*, prennent différens noms particuliers, soit en raison de la forme qu'ils ont reçue, ou de l'usage auquel ils sont spécialement destinés, soit par d'autres causes qu'il serait difficile d'indiquer aujourd'hui. Comme en général les besoins ont tous été prévus, et que les ouvrages de menuiserie se trouvent assujettis à ces données primitives, résultats du temps et de l'expérience, il est indispensable de connaître les mesures des divers échantillons, afin de pouvoir se régler sur elles dans l'ordonnance et la disposition des travaux de ce genre.

Le chêne, le sapin et le peuplier étant, comme nous l'avons dit, les bois les plus usités, sont aussi les seuls qui se trouvent ainsi préparés à l'avance. Voici les noms et les dimensions de tous les morceaux que l'on débite dans ces trois espèces d'arbres.

[1] 280 centimètres.
[2] 200 centimètres.

BOIS DE CHÊNE.

1°. Le plus grand bois est celui des *battans de porte cochère*; il se trouve par morceaux de 12 à 15 pieds de long (3m 898 à 4m 873) sur 12 pouces de large (0,325), et 4 pouces d'épaisseur (0,108). Ceux de 18 pieds de longueur (5m 847) portent 15 pouces de large (0,406) sur 5 lignes d'épaisseur (0,135).

2°. La *membrure*, qui sert à former les bâtis de la plus forte menuiserie, tels que battans, montans et traverses, se trouve par morceaux de 6, 7, 9, 12 et 15 pieds (1m 949, 2m 274, 2m 924, 3m 898 et 4m 873), sur une largeur de 6 pouces (0m 162) et une épaisseur de 3 pouces (0m 081).

3°. Les *chevrons* destinés à des ouvrages du même genre que la membrure, portent la même longueur, quelquefois plus, sur 3 pouces (0m 081) et rarement 3 pouces ½ de large (0m 095) et 3 pouces d'épaisseur (0m 081).

4°. La *doublette*, qui s'emploie pour les bâtis de moindres dimensions, se trouve, comme toutes les planches de chêne, par longueurs de 6, 7, 8, 9, 10 et 12 pieds (1m 949, 2m 274, 2m 599, 2m 924, 3m 248, 3m 898), sur 2 pouces à 2 pouces ½ d'épaisseur (0m 650 à 0m 657), et 11ou 12 pouces de large (0m 298, 0m 325).

5°. Sous le nom de *planches* on classe toutes les feuilles qui ont 15 à 17 lignes d'épaisseur (0m 034, 0m 038), sur 9 pouces à 9 pouces ½ de large (0m 244 à 0m 258), sur mêmes longueurs que la doublette.

6°. On appelle *entrevoux* les planches de 11 à 12 lignes d'épaisseur (0m 298 à 0m 325), sur mêmes largeurs et longueurs que les précédentes.

7°. Le *panneau* est une planche de 8 à 9 lignes d'épaisseur (0m 018 à 0m 020) sur mêmes largeurs et longueurs que celles qui précèdent.

8°. Le *feuillet* ne porte que 5 à 6 lignes d'épaisseur (0m 011 à 0m 014), sur mêmes largeurs et longueurs que les planches.

9°. Le *merrain* a de 4 pieds à 4 pieds ½ de long (1m 299 à 1m 461), sur 15, 18 et 21 lignes d'épaisseur (0m 034, 0m 041, 0m 047), et 5 à 6 pouces de largeur.

BOIS DE SAPIN.

1°. Le *madrier* est le plus fort échantillon de ce bois, il porte de 11 à 12 pieds de longueur (3m 573 à 3m 898), sur 12 pouces de large (0m 325) et 2 pouce à 2 pouces ½ d'épaisseur (0m 054 à 0m 061).

2°. et 3°. Après le madrier on trouve encore des planches de sapin de 18 à 21 lignes d'épaisseur (0^{m} 041 à 0^{m} 047).

4°. Les *sapins de forte qualité*, que l'on tire de l'Auvergne, ont constamment 15 lignes d'épaisseur (0^{m} 034), sur 12 pieds de long (3^{m} 898) et 12 pouces de largeur (0^{m} 325).

5°. Les *sapins ordinaires*, qui viennent de Lorraine, portent 11 à 12 lignes d'épaisseur (0^{m}025 à 0^{m} 027), 11 à 12 pieds de longueur (3^{m} 573 à 3^{m} 898), et la largeur des planches varie de 8 à 10 et à 12 pouces (0^{m} 217 à 0^{m} 271 et à 0^{m} 325).

6°. Le *feuillet de sapin* porte 7 à 8 lignes d'épaisseur (0^{m} 016 à 0^{m} 018), il a tantôt 8, 10 et tantôt 12 pouces de large (0^{m} 217, 0^{m} 271, 0^{m} 325), et 11 à 12 pieds de long (3^{m} 573 à 3^{m} 898)[1].

BOIS DE PEUPLIER.

1°. Quant à l'épaisseur, ce bois ne se débite ordinairement que sous deux échantillons, savoir : en *voliges*, qui portent 6 à 7 lignes d'épaisseur (0^{m} 014 à 0^{m} 016), sur environ 8 pouces de large (0^{m} 217).

2°. Et en planches de 12 lignes qui portent 8 pouces ½ à 9 pouces de large (0^{m} 231 à 0^{m} 244). Rarement on en débite de 15 lignes d'épaisseur (0^{m} 034).

Ces bois se coupent de 6 à 7 pieds de longueur (2^{m} 274 à 2^{m} 599) Rarement on en trouve de 9 (2^{m} 924).

[1] On fait encore usage en menuiserie du sapin que l'on nomme de bateau, parce qu'on le tire des toues qui nous apportent le charbon-de-terre et autres marchandises, et qu'au lieu de faire remonter les bateaux dans les pays d'où ils viennent, on trouve plus avantageux de les déchirer sur les lieux. Plusieurs échantillons de bois sortent de ce déchirage ; le plus mince et le moins beau sert ordinairement à faire des remplissages dans les cloisons de distribution, hourdées et recouvertes en plâtre, ainsi qu'à diverses cloisons de clôture. Le plus beau s'emploie souvent pour du bois neuf, en tablettes, cloisons, planchers ; il est cependant de qualité inférieure. Les bordages de ces bateaux, qui sont des planches, portent jusqu'à 60 pieds de long (19^{m} 490), sur 18 pouces au plus de large (0^{m}487), et 2 pouces ½ d'épaisseur au plus fort (0^{m}068.) On tire des bordages, connus sous le nom de *plats-bords*, des chevrons qui se débitent à 3 pouces ¼ à 4 pouces de large (0^{m} 088 à 0^{m} 108), et portent 2 pouces à 2 pouces ½ d'épaisseur. Ces plats-bords s'emploient aussi en planches entières pour divers ouvrages qui exigent de fortes dimensions en longueur, largeur et épaisseur, tels que pour des fermes de combles, des courbes, etc., etc. *Voyez Livre V, Chapitre II et Chapitre IV.*

Effets qu'occasionent dans les bois les variations de température.

Pour compléter la connaissanee des bois relativement à la menuiserie, il nous reste à parler des effets qu'occasionent dans les bois les variations atmosphériques.

En expliquant la formation des bois, dans le premier Livre de cet ouvrage, nous avons dit qu'ils étaient composés de fibres longitudinales réunies par des parties moins denses, c'est-à-dire dont la texture est plus lâche : cette différence est beaucoup plus considérable dans les bois résineux, tels que les pins, les sapins, les mélèses et ceux de ce genre, que dans les autres bois ; il en est d'autres où elle est à peine sensible, tels que le charme, le hêtre, le peuplier, le cormier, etc.

Les résultats d'un grand nombre d'expériences que j'ai faites sur quarante-huit espèces de bois, m'ont fait connaître que les bois qui augmentent ou qui diminuent le plus dans le sens de leur grosseur à différens états de température, sont ceux qui varient le moins dans le sens de leur longueur.

Une régle de sapin bien sec, de 38 pieds de longueur, exposée alternativement à l'humidité et à la sécheresse, n'a varié dans ce sens que d'une demi-ligne, et une pareille en chêne de $\frac{11}{15}$ de ligne.

Les mêmes règles, exposées au soleil après avoir été mouillées, ont varié, savoir : celle en chêne de une ligne $\frac{1}{4}$, et celle en sapin de $\frac{3}{4}$ de ligne.

Ce qui donne, dans le premier cas, $\frac{1}{10944}$ pour la variation que peut éprouver en longueur le bois de sapin, et $\frac{1}{6666}$ pour celle du bois de chêne, employés l'un et l'autre à l'intérieur ;

Et, dans le second cas, $\frac{1}{4377}$ pour le bois de chêne exposé à l'extérieur, et pour le sapin, à même exposition, $\frac{1}{6400}$.

Quant à la variation dont le bois de sapin est susceptible dans le sens de sa largeur, elle va de $\frac{1}{74}$ à $\frac{1}{360}$, et celle qu'éprouve le bois de chêne, de $\frac{1}{41}$ à $\frac{1}{411}$; d'où l'on peut déduire la variation moyenne du sapin à $\frac{1}{117}$, et celle du chêne à $\frac{1}{146}$. Ainsi, il résulte de ces expériences que le bois de sapin éprouve, dans le sens de sa largeur, une variation quarante-deux fois plus grande que celle qu'il éprouve dans sa longueur, et que dans le bois de chêne cette variation n'est que vingt-deux fois plus grande.

D'où il suit qu'un montant de 6 pieds de long en bois de sapin ne peut éprouver, dans sa longueur, qu'une variation d'un dixième de ligne qui n'est pas sensible, tandis qu'un panneau de 6 pieds de large, en même bois, peut varier de 4 lignes;

Et qu'en bois de chêne, un montant de 6 pieds peut eprouver dans sa longueur une variation de $\frac{1}{6}$ de ligne, qui devient un peu plus sensible, et que dans un panneau de 6 pieds de large, en même bois, la variation peut être de 3 lignes $\frac{4}{10}$.

Ces calculs étant fondés sur des expériences faites avec des bois moyennement secs, il est évident que ceux qui le seraient moins offriraient de plus grandes différences, et ceux qui le seraient plus, de moins considérables, à moins que ces derniers ne fussent exposés à un plus haut degré de température.

Il résulte, de ces dernières observations et de ce qui a été dit plus haut dans ces préliminaires, que dans la menuiserie la tendance naturelle des bois refendus à se courber dans le sens de leur largeur, et la variabilité de leur volume, sont deux grands obstacles que cet art doit sans cesse avoir en vue de surmonter dans ses ouvrages.

CHAPITRE PREMIER.

DES PLANCHERS ET PARQUETS.

C'est au besoin d'assainir les habitations qu'il faut attribuer l'usage de revêtir les aires et les murs intérieurs d'ouvrages de menuiserie. Considérés comme uniquement destinés à remplir ce but, les revêtemens sont en général les ouvrages les plus simples de cet art; les seules difficultés qui puissent se rencontrer dans leur exécution, sont celles qui résultent des données de la décoration, ou de la nature des surfaces à recouvrir; mais, à l'égard des planchers, il ne saurait être question que de la première.

Des planchers.

Le *plancher* proprement dit n'est autre chose qu'un assemblage jointif de planches de chêne ou de sapin, entières ou refendues, placées en divers sens sur les solives ou sur des lambourdes : celui que l'on nomme *parquet* diffère du précédent, en ce qu'il n'est composé que de planches fort courtes, assemblées de manière à former, en se recroisant entre elles, des compartimens plus ou moins compliqués, en raison de l'importance des salles auxquelles on les destine.

Pour les planchers, il n'y a d'autre façon que de corroyer les planches et de les joindre à rainures et languettes. Ceux faits en *alaises* ou planches refendues, qu'on nomme *planchers de frises*, Figures 1 et 2, Planche CXXXII, sont beaucoup meilleurs que ceux faits de planches de toute largeur, parce qu'alors le travail inévitable dans les bois devient moins sensible. Comme les planches ont rarement assez de longueur pour atteindre de l'un des côtés d'une chambre à l'autre, on les rejoint ordinairement bout à bout, à rainures et languettes; mais quand on veut que l'ouvrage ait plus de solidité, on divise la surface du plancher par travées de cinq à six pieds de longueur, que l'on réunit au moyen de frises placées en sens contraires, dans lesquelles viennent s'assembler les bouts des alaises.

On peut, en variant la direction des planches dans chaque travée, obtenir une sorte de décoration avec les planchers de frises. Les Figures 3 et 4 offrent plusieurs exemples de la disposition la plus usitée, que l'on nomme à *points de Hongrie* ou *en fougère*.

Les principales conditions à remplir pour former un plancher à points de Hongrie, avec toute la régularité convenable, sont : 1°. d'établir une frise *f* autour de la salle, pour servir d'encadrement à tout l'ouvrage; 2°. de diviser l'espace compris entre les deux frises longitudinales, en un nombre impair de parties égales, dont la grandeur peut varier de 25 à 34 pouces, afin de produire des diagonales de 3 à 4 pieds de longueur. Pour 3 pieds de long, les planches doivent avoir 3 pouces de large, et 4 pouces pour 4 pieds de longueur : leur épaisseur ne saurait être moindre de 15 lignes. A l'égard de l'angle que les planches doivent former entre elles, et de la manière de les raccorder à leur rencontre, ces dispositions peuvent varier comme on le voit en A, B, et D, Figures 3 et 4, sans que la solidité de l'ouvrage en éprouve la moindre altération.

Des parquets.

En menuiserie on désigne sous le nom de *parquet* un assemblage de frises, de traverses et de panneaux carrés, disposés par compartimens réguliers pour former des surfaces d'une certaine étendue, et qui ne soient pas sujettes à se tourmenter. On fait des parquets pour poser les glaces[1] et pour le fond des armoires; mais l'ouvrage le plus important en ce genre est celui qui sert à former l'aire des appartemens.

Le parquet proprement dit peut se construire sur place, tel est celui qu'on appelle *parquet sans fin*, Figure 5; mais plus communément les menuisiers l'établissent par feuilles, pour utiliser des bouts de bois qui leur restent. Quelle que soit la manière dont on l'emploie, tout l'artifice de sa construction consiste à éviter la multiplicité des joints d'onglets, qui le rendraient d'une exécution difficile, et beaucoup moins solide. C'est à quoi l'on parvient en donnant à chaque *pièce carrée* C, une longueur égale à deux *panneaux carrés* PP, plus la largeur d'une autre pièce carrée C' qui sépare lesdits panneaux, et vient s'assembler dans son milieu. Les pièces carrées s'assemblent à tenons

[1] Les parquets de glaces sont composés de traverses, de montans et de panneaux, lesquels ne doivent avoir qu'un pied de large sur 15 pouces de hauteur au plus, afin d'être moins sujets à se tourmenter. Ils doivent toujours être enfoncés dans leurs bâtis (quoiqu'on en fasse d'arasés), parce que s'ils les affleuraient, la chaleur du feu ou l'humidité des trumeaux pourraient les faire bomber et les mettre dans le cas de casser les glaces.

et mortaises les unes dans les autres, et les panneaux sont assemblés dans les traverses à rainures et languettes. Les feuilles de parquet se joignent de la même manière les unes avec les autres.

Comme la construction est toujours la même, il suffit de l'avoir expliquée une fois pour que l'on soit à même de l'appliquer aux différentes combinaisons qu'on peut former avec cet assemblage, tels que le parquet à *petites feuilles*, Figure 6, celui à *grandes feuilles*, Figure 7, et celui à *compartiment*, Figure 8. Au reste, les détails perspectifs, placés en correspondance de chaque compartiment, instruisent mieux des autres particularités que la description la plus minutieuse.

En employant à la construction des parquets des bois de différentes couleurs, on peut obtenir des mosaïques d'une aussi belle apparence que celles en marbre : tels sont les parquets du château de Lacken, près Bruxelles, Figures 1 à 6, Planche CXXXIII, et d'un cabinet du château de Maisons. Ces parquets, composés de pièces assemblées à rainures et languettes, avec clefs, se montent sur place sur des planchers de chêne ou de sapin de Hollande, joints à rainures et languettes, et bien arrêtés sur les lambourdes.

On doit apporter la plus grande attention dans le choix des bois, afin qu'ils présentent une dureté égale dans toutes les nuances. On peut encore tirer parti de la variété des teintes qui se rencontrent dans le bois de chêne, pour répandre de l'agrément dans la composition des parquets, en les alternant dans l'ensemble ou dans les détails des feuilles.

Lorsque l'on établit un parquet dans un bâtiment neuf, il faut avoir le soin de poser les lambourdes un peu *bouges*, ou relevées vers le milieu de la pièce, surtout lorsqu'elle est d'une certaine grandeur, afin que, lorsque les planchers viennent à faire leur effet, ils soient toujours droits.

Quand les lambourdes sont ainsi disposées, on attache le parquet dessus avec des clous, lesquels ordinairement n'ont pas de tête; mais il vaudrait mieux y employer des clous appelés *à parquets*, qui ont une tête en forme de marteau [1]; à la vérité ils font un plus grand trou dans le parquet que les premiers qui n'ont pas de tête, mais ils l'arrêtent

[1] Les clous à parquets sont ceux dont la tête est d'une forme oblongue, c'est-à-dire qu'elle n'a de largeur sur un sens que l'épaisseur du clou et la largeur ordinaire de l'autre

beaucoup mieux. Ces clous sont de beaucoup préférables aux autres dans les planchers faits de planches, parce qu'ils les empêchent de se tourmenter, ce que ne peuvent faire ceux qui n'ont pas de tête, puisqu'ils ne peuvent entrer à force dans le bois sans l'exposer à se fendre.

Quant à l'inconvénient que causent les trous qu'on est obligé de faire pour enfoncer les têtes des clous, on peut y remédier en faisant à l'endroit de chaque clou une petite mortaise dans laquelle entre la tête de ce dernier, et qui s'y trouve enterrée de manière à ce que l'on puisse y rapporter une pièce à bois de fil, ce qui est en même temps très-propre et très-solide.

On doit avoir soin, en posant le parquet, que tous les joints s'alignent bien et que toutes les feuilles soient d'une égale grandeur, afin que leurs angles se rencontrent tous parfaitement.

Quant au nombre des clous qu'il faut y mettre, la quantité n'est pas fort nécessaire; il suffit d'en mettre sur les battans, et quelques-uns dans les principales pièces, pour qu'ils soient attachés solidement. Il n'en est pas de même des planchers, surtout ceux qui sont faits de planches, auxquelles il faut mettre des clous sur les deux rives à la rencontre de chaque lambourde, ou de deux en deux au moins, avec la précaution de les placer en liaison, c'est-à-dire que les planches soient clouées en échiquier, afin qu'il y ait un clou pour chaque joint à chaque lambourde.

Lorsque les planchers ne sont pas susceptibles d'une grande recherche, et que les bois sont trop minces pour y faire des entailles, ou bien qu'ils sont faits de bois de sapin, on se sert pour les arrêter, de clous à petite tête nommés *caboches*, lesquels entrent dans le bois et s'y cachent entièrement.

CHAPITRE DEUXIÈME

DES LAMBRIS ET CLOISONS.

Des lambris.

Considérés sous le rapport de l'utilité, les lambris ne sont autre chose que des espèces de cloisons appliquées au devant des murs pour assainir les appartemens; en sorte qu'à cela près des lambourdes, tout ce qui a été dit au sujet des planchers, page 193, pourrait également convenir aux lambrissages. Mais comme dans cet état, Figure 1, Planche CXXXIV, la menuiserie ne saurait soutenir les parallèle avec le perfectionnemens introduits dans les autres parties de l'art de bâtir, l'étude a enseigné les moyens de faire concourir ses ouvrages à la décoration des intérieurs, en les soumettant aux données de l'art et de l'expérience.

Nous avons vu précédemment que, dans les parquets, les bois se trouvent assemblés (au moins pour l'apparence) comme les pièces des pavés de marbre, c'est-à-dire, par *juxta-position.* Dans l'un et l'autre cas, tout l'art se réduit à combiner des compartimens réguliers dessinés par les lignes des joints, l'opposition des couleurs ou la variété des figures. Les ouvrages de ce genre empruntant toute leur solidité du sol même sur lequel ils reposent, la disposition de leurs compartimens devient entièrement arbitraire. Il n'en est pas de même de ceux qui doivent s'élever verticalement; leur construction relève du système général d'union, de liaison et d'assemblage, qui sert de base à toutes les opérations de l'architecture, et lui procure en même temps le plus belles ordonnances de sa décoration. Mais avant que ce principe ait pu recevoir son application dans la menuiserie, il fallait que l'on fût arrivé au point de reconnaitre, à la suite d'un grand nombre de tentatives infructueuses pour dompter le jeu des bois, (Figures 12 à 22, Planche CXXXI), que le seul moyen de prévenir les accidens qui résultent de leur hygrométricité, était de laisser une entière liberté à cet effet dans le sens où il exerce sa plus grande action, en évitant autant que possible les joints à la surface sur la largeur des planches.

Le premier essai dans ce genre fut sans doute l'assemblage dit à *joints recouverts*, Figure 19, dans lequel les planches pénètrent les unes dans les autres, au moyen de languettes et de rainures, sans se toucher sur leurs rives, en sorte que les différences qu'occasionent le gonflement

et le dessèchement du bois se perdent dans la profondeur des rainures sans qu'il en paraisse rien au dehors. La pratique et l'expérience firent bientôt découvrir tout le parti que l'on pouvait tirer de cet ingénieux artifice. D'abord, au lieu de répartir uniformément la force dans toute l'étendue des boiseries, on conçut l'idée d'un système de compartimens dessinés par des bois plus forts, et dont les intervalles étaient remplis par des bois débités en feuilles. Il résultait de cet assemblage des panneaux longs et étroits, Figure 2, Planche CXXXIV, tels qu'on en observe encore dans quelques anciens édifices [1] Enfin, pressé par le désir de répandre sur ces ouvrages toute la variété que l'on peut obtenir de l'opposition des formes, on ne tarda pas à s'apercevoir qu'un panneau composé de plusieurs planches, Figure 21, Planche CXXXI, intimement jointes ensemble, pouvait également jouer librement et sans se désunir, dans les cadres formés par les montans et les traverses. Dès-lors l'art ne fut plus arrêté dans ses compositions que par les limites dans lesquelles cette action pouvait s'effectuer. Les Figures 6, 7 et 8, Planche CXXXIV, font voir comment il sut atteindre aux plus grandes dimensions sans s'écarter de cette donnée [2].

Les lambris sont le plus ordinairement composés de deux parties [3]; savoir : de l'appui A et de son dessus B, que l'on nomme lambris de hauteur, lesquels sont séparés par une traverse C que l'on nomme *cimaise*, dans laquelle ils entrent tous deux à rainures et languettes; ou bien

[1] D'après la Figure qui se trouve au bas de la Planche XXVI de la troisième partie de l'ouvrage de M. Mazois, sur Pompéi, représentant une porte feinte, exécutée en stuc pour faire pendant à une porte réelle et qui se trouve dans l'édifice désigné sous le nom de *Collége des Foulons*, on serait fondé à croire que les anciens ne donnaient aussi que fort peu de largeur aux panneaux de menuiserie.

Vitruve indique au Livre IV, Chapitre VI, l'ordonnance à suivre dans les compartimens des portes des temples ; mais il est à remarquer que cet auteur ne s'explique pas sur la matière dont elles doivent être faites. Il est bien vrai que les Figures tracées d'après ses indications, reproduisent fidèlement l'imitation des procédés de la menuiserie antique ; mais il paraît que, dans la suite, on conserva les mêmes compartimens en changeant de matière, comme on l'avait fait pour les ordonnances d'architecture.; les portes de bronze du Panthéon de Rome offrent un exemple bien précieux de cette menuiserie simulée.

[2] Considérés indépendamment des ornemens qu'ils peuvent recevoir, les dessins des compartimens de menuiserie sont désormais invariablement fixés par le goût et l'expérience Nous les présentons ici dans toute la simplicité de leurs proportions primitives, exempts des altérations qu'ils subissent ordinairement dans la pratique.

[3] Roubo, *Art du Menuisier*, II[e]. partie, Chapitre 8.

lorsque la hauteur de la pièce n'est pas bien considérable, les deux lambris tiennent ensemble, et la cimaise appliquée dessus n'a d'épaisseur que celle de sa saillie.

Les panneaux des lambris se font de planches jointes et collées ensemble, qui ont depuis 6 lignes jusqu'à 1 pouce et même 1 pouce et $\frac{1}{2}$ d'épaisseur, en raison de leur grandeur ou des ornemens qu'ils doivent recevoir; ils s'assemblent à embrèvement, tant sur la hauteur que sur la largeur, dans les cadres formés par les bâtis des lambris; les rainures doivent avoir depuis 6 lignes jusqu'à 12 et même plus de profondeur, et l'épaisseur des languettes proportionnée à celle des panneaux.

La plus grande largeur que l'on puisse donner aux panneaux ne doit pas excéder 3 pieds, et leur plus grande hauteur trois fois cette largeur ou 9 pieds. Les dimensions des panneaux étroits, tels que les frises F et les pilastres P, sont déterminées par l'ordonnance du compartiment.

Les planches des panneaux doivent être le plus étroites possible, c'est-à-dire que les plus larges ne doivent avoir que 6 à 8 pouces de largeur, parce que quand elles en ont plus elles sont sujettes à se retirer et à se fendre. Lorsque les panneaux n'ont qu'un parement et qu'ils ont de 2 à 3 pieds de longueur, on doit les blanchir par-derrière, du moins au milieu de chaque planche, afin qu'ils prennent l'air également, ce qui les empêche de se tourmenter.

On met aussi par-derrière une ou plusieurs barres, que l'on nomme *barres à queue*, Figure 22, Planche CXXXI, lesquelles sont entaillées à queue dans le panneau de l'épaisseur de ce qui reste de bois après la languette.

Ce moyen, quoique bon à certains égards, est sujet à plusieurs inconvéniens, parce que cette barre à queue étant plus large d'un bout que de l'autre, elle empêche les planches de se retirer également sur leur milieu, ainsi qu'elles le feraient si elles n'étaient pas gênées par l'inégalité de largeur de la barre. On remédierait à cet inconvénient en tenant les barres d'une largeur égale d'un bout à l'autre, afin de les faire *entrer juste* dans les panneaux sans les forcer; il serait même à propos de les frotter avec du savon, afin que les planches pussent aller et venir avec plus de facilité.

Il est encore une autre manière de retenir les panneaux (surtout lorsqu'ils n'ont pas assez d'épaisseur pour y pouvoir pratiquer une entaille suffisante pour les barres à queue), c'est d'y attacher une barre avec

des vis, avec l'attention de faire dans ces barres, à l'endroit des vis, une mortaise de 12 à 15 lignes de longueur, sur une largeur égale au collet de la vis, laquelle donnerait au panneau la liberté de faire son effet. Cette attention est très-nécessaire; car, s'il n'y avait pas de mortaise, les vis étant arrêtées dans la barre feraient fendre les planches lorsqu'elles viendraient à se retirer. Ces barres s'attachent sur les bâtis, ou bien sont assemblées à tenon et mortaise, lorsque ces derniers sont assez épais, ce qui est préférable, vu la grande solidité que cela donne à l'ouvrage.

Cette troisième manière de retenir les panneaux est meilleure que la première et moins bonne que la seconde, parce qu'elle ne retient les planches qu'à l'endroit de la vis, tandis que l'autre les maintient dans toute leur largeur.

Quelquefois ces barres se font de fer plat, et elles ont cela de commode qu'elles tiennent moins de place derrière les lambris. Pour les panneaux cintrés en plan, on doit toujours y mettre des barres de fer, parce que celles de bois ne sont pas assez solides, à moins qu'on ne les fasse très-épaisses ou que les panneaux ne soient que très-peu cintrés.

Lorsqu'on veut donner plus de solidité aux joints des panneaux, on y met derrière des bandes de toile collées, ou du nerf de bœuf battu qui a encore plus de force.

Quand les pilastres sont d'une certaine hauteur, on y met une fausse traverse par-derrière *t*, Figure 7, laquelle s'assemble à tenon et mortaise dans les battans après la rainure, ou bien l'on n'y met que des barres à queue pour retenir l'écart des battans quand ces derniers n'ont pas assez d'épaisseur pour recevoir une mortaise.

On remplace quelquefois les lambris de hauteur par des tapisseries, en sorte que le lambris d'appui règne seul autour des appartemens.

Avant de commencer à poser la menuiserie, surtout celle qui est dormante, il faut d'abord faire attention dans quelle saison de l'année l'on est; si les bâtimens sont anciens, ou nouvellement faits; si les plâtres ont eu le temps de perdre une partie de leur humidité; si la menuiserie se pose au rez-de-chaussée ou dans les étages supérieurs; si enfin l'endroit où on doit la poser est exposé au grand air ou à l'humidité. D'après ces indications générales, il faut encore faire attention à l'épaisseur des bois, à leur qualité dure ou tendre, afin de prévenir les accidens qui ne manquent pas d'arriver lorsqu'on néglige d'entrer dans tous ces détails.

Comme on n'a pas toujours le temps d'attendre que les murs soient

parfaitement secs pour poser la menuiserie, on a imaginé des moyens qui, s'ils ne détruisent pas entièrement l'effet de l'humidité, l'atténuent au moins en grande partie.

Ces moyens sont, 1°. de laisser entre les murs et les lambris un espace d'un ou deux pouces, afin que l'air puisse circuler entre deux, et faire évaporer une partie de l'humidité. Bien que cette disposition puisse paraître extraordinaire, il serait bon cependant d'observer cette précaution lorsque l'on est prévenu que la menuiserie doit être posée aussitôt que les places seront prêtes; 2°. quelquefois on se contente d'imprimer le derrière des lambris de deux ou trois couches de grosse couleur à l'huile, ce qui est très-bon, parce que cette couleur empêche l'humidité de s'attacher sur le bois et de pénétrer dans ses pores; 3°. quand la menuiserie est précieuse et qu'on craint qu'elle ne travaille malgré toutes les précautions dont on vient de parler, on garnit le derrière des panneaux et des bâtis avec de l'étoupe que l'on a trempée dans du goudron chaud.

Lorsqu'on a pris toutes les précautions qui viennent d'être indiquées, on peut commencer à poser la menuiserie, ce qui se fait de différentes manières, selon la diversité des ouvrages et la nature des murs sur lesquels ou dans lesquels on doit la poser.

En général, les lambris s'arrêtent de deux manières sur les murs des appartemens; savoir : avec des broches ou bien avec des vis. De ces deux manières la première est la moins coûteuse, mais aussi est-elle la moins propre; elle a aussi le défaut que l'on n'est presque jamais le maître de bien dresser le lambris avec des broches, qui souvent cassent ou ploient avant d'être tout-à-fait enfoncées; de plus elles sont sujettes à faire fendre le bois; et, s'il arrive que l'on soit obligé de déposer un morceau de lambris, on ne peut presque jamais le faire sans casser quelque chose; au lieu qu'en se servant de la seconde manière, c'est-à-dire, en posant les lambris avec des vis, l'ouvrage en est beaucoup plus propre; on est toujours le maître de dresser l'ouvrage ainsi qu'on le juge à propos, et on peut le déposer sans lui causer aucun dommage. Quant à la manière de faire tenir les broches dans les murs, c'est la même chose que pour les pates à pointes; on les chasse dans des tampons de bois enfoncés de force dans des trous de tarière. Pour ce qui est des vis, cela demande un peu plus de sujétion, parce qu'il faut faire sceller des morceaux de bois dans les murs à la rencontre de chaque vis; ces morceaux de bois ou tampons doivent être taillés en queue d'aronde sur

leur épaisseur, afin qu'ils ne puissent être arrachés des murs dans lesquels ils ont été scellés.

On doit aussi avoir soin que ces tampons soient bien aplomb et bien dressés, afin que les lambris portent également dessus. Quand il arrive que les lambris sont isolés des murs, on fait saillir les tampons jusqu'au droit des montans. En général, il faut éviter de mettre trop de vis ou de broches dans les lambris; il suffit, pour qu'ils soient posés solidement, que les rainures et languettes des angles et des ressauts soient bien justes; qu'ils soient bien calés par-derrière, afin qu'ils ne ploient point et qu'ils portent également partout.

Lorsqu'on emploie des vis dans la pose de la menuiserie, on doit toujours en enterrer les têtes et les recouvrir par un tampon de bois de fil, c'est-à-dire, du sens du bois; parce que quand elles sont apparentes elles font un très-mauvais effet, vu qu'elles se rouillent quand elles sont peintes en détrempe, ce qui arrive dans presque tous les appartemens. Tous ces détails sont représentés par les Figures 9 à 17.

Les parquets de glaces ne s'attachent pas, ainsi que le reste de la menuiserie, vu qu'on ne peut enfoncer de broches ni sceller de tampons dans les tuyaux de cheminée; c'est pourquoi on se sert de vis à écrou nommées *vis à parquets de glaces* [1]. Ces vis ne sont jamais apparentes, mais se placent dans les traverses du parquet, dans lesquelles leur tête est entaillée jusqu'à fleur, afin qu'elle ne porte point sur la glace.

Des cloisons.

Les plus simples sont celles qui sont formées avec des planches brutes clouées sur des bâtis de charpente, telles que les clôtures en planches et les cloisons brutes pour former des séparations dans les caves. Pour les cloisons qui demandent plus de soin on dresse les planches.

Celles qu'on établit dans les appartemens sont blanchies des deux côtés et assemblées à rainures et languettes, afin que les planches se maintiennent mutuellement les unes et les autres; les rainures et languettes

[1] Les vis à parquets de glaces ont la tête ronde et plate et fendue par le milieu. Les écrous de ces vis sont longs de 2 à 3 pouces, et ont deux branches recourbées dont les bouts sont fendus et recourbés pour être scellés. Ces branches ne doivent pas avoir plus d'un pouce et demi de long, afin que les trous que l'on fait pour les sceller, ne percent pas au travers du manteau de la cheminée, et par la même raison, ces vis ne doivent pas avoir plus de 2 pouces de longueur. (Voyez la Figure 18 de la même Planche.)

pouvant être considérées comme des mortaises et des tenons continus. On arrête les cloisons par le haut et par le bas dans des coulisses, et quelquefois on les fortifie par des traverses en chêne appliquées dessus, ou assemblées dans leur épaisseur avec des montans qui les divisent par compartimens. On emploie communément le bois de sapin à leur construction, et on recouvre leur surface de papiers de tenture.

On fait encore usage, pour la distribution des appartemens, de cloisons de planches brutes à claire-voie pour être revêtues de plâtre [1]. On les assemble dans des coulisses et des entretoises qui peuvent être en chêne ou en sapin.

[1] Voyez la note au bas de la page 192.

CHAPITRE TROISIÈME.

DU REVÊTEMENT DES SURFACES COURBES.

Pour les ouvrages de menuiserie ordinaires qui servent à former ou à revêtir des surfaces droites, on se contente d'en *marquer le plan* dans sa grandeur sur une planche ou surface unie, c'est-à-dire, d'en faire une coupe horizontale ou verticale sur l'épaisseur, où l'on marque les profils des cadres, les montans ou traverses, les panneaux, avec leurs assemblages, leur largeur et épaisseur.

Lorsque dans ces ouvrages il se trouve des compartimens obliques, irréguliers, ou en lignes courbes, il faut, outre le plan, tracer en grand l'élévation de face.

Mais si ces ouvrages doivent former ou revêtir des surfaces courbes, avec des compartimens qui exigent des montans et des traverses cintrés en plan et en élévation, il faut avoir recours à l'art du trait pour en tracer l'épure et les calibres qui doivent servir au développement de ces pièces, prises dans les bois droits.

Les principes géométriques de ces opérations sont les mêmes que nous avons ci-devant expliqués pour la coupe des pierres et la charpente [1].

On parvient à former correctement une surface courbe quelconque, en commençant par bien examiner les élémens dont elle se compose. Ces élémens sont des lignes droites ou des lignes courbes; ainsi une surface courbe peut être formée d'une suite de lignes droites tirées d'un cercle à un autre, comme celle d'un cylindre; ou d'une suite de lignes courbes décroissantes, menées d'un cercle à un point, comme la surface d'un cône. Une surface cylindrique peut aussi être formée par des circonférences de cercle égales dont les centres seraient sur une même ligne droite qui formerait son axe.

Si ces circonférences, au lieu d'être égales, diminuent en progression arithmétique, elles formeront une surface conique; mais comme la diminution de ces courbes peut suivre une infinité de progressions différentes, il arrive que les surfaces qui en résultent, ne pouvant plus être exprimées en aucun sens par des lignes droites, deviennent du genre de celles qu'on nomme à double courbure, telles que les surfaces sphéri-

[1] Voyez tome II[e]., Livre III[e]., 2[e]. Section, pag. 75 et suivantes; et tome III[e]., Livre V[e]., 1[re]. Section, pages 9 et suivantes.

ques, sphéroïdes et conoïdes, qui sont censées produites par la révolution d'une courbe autour de son axe.

Indépendamment des surfaces courbes régulières dont il vient d'être question, il s'en trouve une infinité d'autres formées d'une suite de lignes plus ou moins courbes qui se raccordent avec d'autres lignes courbes ou des lignes droites.

Il est cependant bien essentiel de remarquer que les revêtemens de menuiserie doivent plutôt être considérés comme un objet de décoration, que comme un moyen de recouvrir exactement des surfaces qui présenteraient des irrégularités choquantes; il faut, au contraire, que les revêtemens corrigent ou suppriment, autant qu'il est possible, les irrégularités qui peuvent se trouver, plutôt que de les reproduire par une scrupuleuse exactitude, qui souvent n'a d'autre motif que de faire valoir le talent de l'ouvrier, par une difficulté vaincue qui produit un effet désagréable.

ARTICLE PREMIER. — DES SURFACES A COURBURE SIMPLE.

On comprend, dans ce genre de surfaces, toutes celles qui sont droites d'un sens et courbes de l'autre. Les surfaces cylindriques sont celles qui sont les plus faciles à former ou à revêtir, parce qu'elles peuvent se composer de montans droits, arrondis ou recreusés dans le sens de leur largeur, et réunis par des joints droits tendans au centre de la courbe, comme ceux des douves d'une cuve; on peut encore former ces surfaces avec des traverses cintrées posées les unes sur les autres. Pl. CXLVII.

Lorsque ces revêtemens doivent former décoration, on peut les diviser, comme les lambris à surfaces droites, en compartimens de pilastres et de panneaux : alors ils se composent de montans droits et de traverses cintrées suivant leur longueur, renfermant des panneaux formés de planches réunies à joints droits cintrés selon leur largeur, comme les montans.

Il faut éviter de faire des compartimens trop larges, à cause des traverses cintrées qui ne peuvent être prises que dans des bois de menuiserie droits et méplats, dont l'épaisseur ne passe guère 5 pouces; d'ailleurs il en résulte que, le fil étant moins tranché, le bois se travaille mieux et l'ouvrage en est plus solide. Lorsqu'on ne peut pas éviter d'avoir

de grandes traverses dont la courbure soit considérable, il vaut mieux les faire de plusieurs pièces assemblées à trait de Jupiter.

Dans les traverses à courbure simple, on doit comprendre toutes celles qui peuvent être prises dans des bois droits et méplats en les chantournant; telles que les traverses qui formaient autrefois des compartimens cintrés dans les lambris à surface droite, ou des compartimens carrés sur des surfaces cylindriques.

Le tracé de ces pièces ne présente pas beaucoup de difficultés; on se sert ordinairement pour cela de calibres levés sur le plan et l'élévation en grand des parties à exécuter; on les débite à la scie tournante dans des planches, des membrures, ou des battans de porte cochère, assez larges ou assez épais pour comprendre leur courbure.

Lorsqu'il se trouve des élégissemens à faire pour des moulures, on les fait parallèlement aux courbes tracées, et, après les avoir ébauchées, on les finit avec des rabots cintrés exprès.

La forme des assemblages dépend de celle des compartimens; ils peuvent se faire à tenon et mortaise, carrément, d'onglet ou à bouement, à clefs, à rainures et languettes, etc. Figures 18, 19 et 20.

Lorsque les pièces ont trop de courbure pour être faites d'un seul morceau, on les fait de plusieurs assemblés en flûte ou à traits de Jupiter. Figures 21, 22 et 23.

Pour les traverses droites, bombées en élévation, on rapporte quelquefois la partie échancrée d'un côté sur l'autre en la renversant, et on la colle à joint plat. Figure 24.

Les panneaux cintrés sur la largeur se font avec des planches droites élégies selon la courbure du plan, réunies à joints plats bien dressés et collés perpendiculairement à la courbe. Plus le panneau a de courbure et plus les planches doivent être étroites, afin qu'elles soient moins sujettes à se tourmenter. Ces planches ayant leurs joints bien dressés, on les colle et on les ajuste au moyen d'entailles creusées suivant la courbe, et terminées par des *mentonnets* ou parties saillantes, formant des angles aigus pour les maintenir avec des cales. Ces courbes sont préférables aux sergens dont la plupart des menuisiers se servent, parce qu'en serrant ces sergens, on risque de faire courber ces panneaux plus qu'il ne faudrait malgré les cales qu'on peut y mettre. Voyez les Figures 14 et 15 de la même Planche.

ARTICLE II. — DES VOUSSURES ET ARRIÈRE-VOUSSURES.

Les lambris ou revêtemens qui forment la partie la plus importante du trait de menuiserie, sont ceux qui se font sur les voûtes et surtout sur les arrière-voussures, derrière les portes ou croisées cintrées, soit pour leur donner plus de dégagement, soit pour faciliter l'ouverture des vantaux cintrés par le haut.

Les voûtes en berceaux cylindriques sont les plus simples; elles s'exécutent comme les lambris cintrés en plan. Il est à propos de remarquer que les menuisiers désignent ces espèces de voûtes, lorsqu'elles ont peu de profondeur ou qu'elles forment des renfoncemens, par le nom d'*archivoltes*, qui, dans sa vraie signification, indique un chambranle circulaire autour d'un arc, sur une face verticale.

Des voussures ou embrasemens.

Les Figures 1 et 2 de la Planche CXXXV, représentent le plan, l'élévation et les détails du revêtement, en plein bois, d'une partie de voûte conique, formant l'embrasement d'une porte ou croisée cintrée.

Dans le plan, Figure 1, on a divisé la largeur en tranches parallèles formant des arcs droits en saillie les uns sur les autres, pour trouver le biais de l'embrasement, ou la surface conique qu'il doit former.

On peut encore former cette voussure en douves ou espèces de voussoirs, comme on le voit indiqué par les Figures 3, 4 et 5.

Pour exécuter ces douves, on commencera par diviser la circonférence qui doit former l'arête extérieure, en autant de parties qu'on voudra avoir de douves, en raison des bois dont on peut disposer; ensuite on tirera, au centre *n*, Figure 4, qui représente le sommet du cône, les lignes qui doivent former les joints, et d'autres du milieu des douves; après quoi on tirera, de l'extrémité de ces joints, des lignes droites qui formeront des polygones inscrits à la circonférence intérieure, et circonscrits à la circonférence extérieure. La distance de ces lignes donnera l'épaisseur des bois pour former l'arrondissement et le recreusement de chaque douve; et de plus la coupe des joints tendans au centre : cette voussure faisant partie d'un cône droit, la longueur de chaque douve sera égale à fh, Figure 3.

L'élévation, Figure 4, étant une projection parallèle à la base du cône, elle donnera les vraies largeurs des extrémités des douves; ainsi, pour avoir le développement de la planche qui doit former une de ces douves, il faudra tirer de tous les angles du profil *edhlf*, Figure 3, des perpendiculaires à A*d*, qui indiqueront les longueurs; ayant ensuite mené une parallèle 7, 10 à A *d*, Figure 5, on portera toutes les largeurs sur les lignes correspondantes, c'est-à-dire, 5, 2 et 5, 1 de 8 en *u* et de 8 en *x*; 13, *o* et 13, *r* de 9 en *z* et de 9 en *y*, etc.; et l'on tirera, de tous les points portés, les lignes *sv*, *uz*, *xy*, *tx*, qui détermineront la forme d'une planche pour une des douves, qu'on recreusera et qu'on arrondira par le moyen des cerces prises sur l'élévation, en abattant le bois à la règle d'une courbe à l'autre, après les avoir divisées en un même nombre de parties égales. On ne forme la petite face *fe* qu'après avoir recreusé la douve sur laquelle on trace, par le point *e*, une parallèle à l'arête courbe qui se forme en *i* par le recreusement, et une autre parallèle sur l'épaisseur par le point *f*, et on abat le petit triangle *eif*.

On assemble ces douves à rainures et languettes rapportées R, pour rendre l'assemblage plus solide.

Lorsque ces embrasemens n'ont pas beaucoup de largeur, on peut les faire de deux ou trois morceaux, qu'on fait ployer, mais il faut pour cela qu'ils soient coupés selon le développement du cône.

Pour cela, du point A, Figures 1 et 3, où se rencontrent les prolongemens des côtés *a*6, *de*, on décrira deux arcs de cercle *ad*, 6*e*, qui donneront la largeur et le contour que doivent avoir ces morceaux; pour avoir leur grandeur, on la prendra sur la grande circonférence de l'élévation, Figure 4; l'ayant portée sur l'arc *ad*, on tirera des deux extrémités des lignes au point A, qui indiqueront leurs joints. Ce moyen peut être employé particulièrement pour les panneaux, qu'on courbe en les faisant entrer dans les rainures des bâtis.

Lorsque les embrasemens sont en tour creuse, comme l'indiquent les Figures 6, 7, 8 et 9, on peut aussi les construire par cerces ou par douves; cependant la première manière est préférable, parce qu'elle est plus solide et qu'elle exige moins de bois et de travail pour l'évidement des parties creuses. On peut en juger par les lignes d'opération du plan, Figure 8.

Embrasemens mixtes et gauches.

On ne donne pas les Figures 10, 11, 13 et 14 comme des exemples à imiter, mais comme des applications du moyen de former des surfaces par tranches ou cerces. Dans les Figures 10 et 11, l'embrasement forme, à la naissance de l'arc, une tour creuse qui va en s'aplatissant, jusqu'à devenir une ligne droite au sommet.

Pour déterminer cet aplatissement, on a divisé l'épaisseur de cet embrasement en six parties, et par les points de division on a mené des parallèles à la face, pour indiquer l'épaisseur des cerces qui doivent former cette voussure.

De tous les points où ces lignes rencontrent la courbe, on élève des perpendiculaires sur la ligne hf.

Prenant ensuite successivement pour grand axe, fo, fn, fm, fl, fi et fh, le petit axe fg restant le même, on décrira, par la méthode indiquée au 3ᵉ. Livre, 1ʳᵉ. Section, pages 43 et 44, des ellipses qui seront toutes tangentes au point g.

Ces ellipses déterminent, pour chaque point où elles passent, la mesure du recreusement de la surface.

Pour avoir une coupe en un endroit quelconque, telle que celle indiquée par la ligne 8, 14, on portera les divisions d'épaisseur sur une ligne tirée à part, Figure 12, et après avoir élevé des perpendiculaires de chaque point, on portera, sur chacune, les hauteurs correspondantes, prises sur la ligne 8, 14, et déterminées par la rencontre des ellipses, ainsi qu'on le voit indiqué sur cette figure, où les points correspondans sont marqués par les mêmes chiffres.

Opération pour les Figures 13, 14 *et* 15.

Dans ces figures, l'embrasement, au droit des naissances est formé par une ligne droite qui n'est pas perpendiculaire à la face, et au sommet par une courbe; ce qui fait le contraire de la précédente. Ayant déterminé, comme ci-devant, les divisions qui indiquent l'épaisseur des cerces, on élèvera de dessus le plan des perpendiculaires qui couperont la ligne de base fk, en des points qui marqueront les extrémités des quarts d'ellipse et leur demi-petit axe, en partant du point f.

On fera la même opération pour la courbe répondant au sommet, pour avoir les extrémités des demi-grands axes, Figure 14. Ainsi, connaissant les axes de chaque ellipse, on pourra les décrire par la méthode indiquée ci-devant.

On trouvera la courbure de la partie formant niche, selon une ligne droite quelconque, par le même procédé que pour la figure précédente. Celle de la Figure 15 est prise au milieu sur le grand axe.

Des calotes.

On désigne par ce nom, en menuiserie, toutes les voussures pleines à double courbure, formant des demi-voûtes verticales, telles que les niches.

Ces voussures peuvent se former par des cerces verticales ou horizontales.

La Figure 17 indique une demi-niche sphérique, formée par des tranches ou cerces verticales, avec un fond demi-circulaire au centre. Le plan et le profil, Figures 16 et 18, suffisent pour l'intelligence de cette opération.

La Figure 20 est une niche surhaussée sur un plan demi-circulaire, Figure 19, formée par tranches ou cerces horizontales, avec le profil, Figure 21, qui indique l'arrangement des pièces de bois pour la former.

Il résulte de ces exemples, et de tout ce qui vient d'être dit, qu'on peut former ou revêtir, par cette méthode, toutes sortes de surfaces à courbure simple ou á double courbure; tout l'art consiste à tracer les courbes qui conviennent à chaque cerce, quelle que puisse être sa position, soit horizontale, soit verticale ou inclinée.

D'après ce qui vient d'être dit sur les voussures, il sera facile de faire l'application de la méthode proposée pour leur construction, aux arrière-voussures de Marseille, de Montpellier et de Saint-Antoine. Comme nous sommes entrés dans tous les détails nécessaires à la formation de ces surfaces, au 3e. Livre de cet ouvrage, nous nous abstiendrons de revenir sur ce sujet.

ARTICLE III. — DU REVÊTEMENT DES VOUTES.

Tout ce que nous avons dit sur les revêtemens des voussures peut s'appliquer à ceux des voûtes; il ne faut pour cela qu'avoir une idée juste de la formation de leur surface, et connaître la nature des courbes de leur cintre primitif.

Les surfaces des voûtes cylindriques, qui sont les plus simples, peuvent être considérées comme composées d'une suite de courbes formant leur cintre primitif, réunies par des lignes droites, parallèles aux côtés ou à l'axe; d'où il résulte : 1°. que toutes les sections qui coupent l'axe obliquement donnent des courbes qui sont un rallongement du cintre primitif, qui est la courbe perpendiculaire à l'axe; 2°, que toutes les sections faites parallèlement à l'axe donnent des lignes droites.

D'après ces résultats, on pourrait former les revêtemens d'une voûte de cette espèce, ou par des pièces droites placées selon la longueur, ou avec des courbes formant cintre, placées dans le sens de la largeur. Mais comme les bois les plus secs sont sujets à diminuer de grosseur, il se ferait bientôt des désunions qui en rendraient l'aspect désagréable; il est plus convenable de former ces revêtemens comme les lambris cintrés en plan, par compartimens de pièces, disposées les unes selon la longueur, et les autres selon la largeur, avec des panneaux, comme l'indique la Figure 1 de la Planche CXXXVI. Ces revêtemens ne présentent pas, pour des voûtes en berceau, plus de difficulté que les lambris cintrés en plan, dont il a été ci-devant question.

Mais lorsqu'il s'agit de voûtes d'arête ou d'arc de cloître, Fig. 2 et 6, les courbes qui forment la réunion des parties de voûte dont elles se composent présentent un peu plus de difficulté, surtout lorsqu'on leur fait porter une portion de la surface des parties de voûte qui se joignent. cependant on en vient à bout en opérant comme nous l'avons ci-devant expliqué pour les voûtes en charpente, Livre V, 1re. Section, Chapitre 3. Ainsi pour les voûtes d'arête, après avoir tracé sur le plan des lignes parallèles, de chaque côté de la projection en plan, des arêtes représentées par les diagonales, on formera des cintres selon les courbes qui répondent à ces lignes. Ayant ensuite coupé les extrémités de ces cintres selon les angles du quadrilatère, on tracera avec le même calibre, sur les faces verticales, une courbe à partir des parties retranchées, pour

former ces angles. Cette courbe paraitra plus élevée, parce qu'elle commencera à un point plus avancé que celle qui passe par le milieu. Divisant ensuite ces courbes par une même grandeur, on tirera des points de celle du milieu aux deux autres, des lignes droites qui indiqueront la position de la règle pour former les parties des voûtes qui se réunissent à l'arête du milieu.

Les moulures que ces courbes doivent porter, ainsi que les rainures et les mortaises pour les assemblages avec les panneaux et les traverses, se tracent avec des parallèles; ce qui se fait facilement en menuiserie, au moyen de *trusquins* préparés exprès; elles s'exécutent avec des rabots portant des joues qui servent à guider l'outil pour former des rainures ou des moulures.

Pour les voûtes en arc de cloître, l'opération ne diffère de celle que nous venons de détailler, qu'en ce que la surface préparatoire doit être faite d'après les courbes répondant aux parallèles qui indiquent sur le plan l'épaisseur de la pièce; et en ce que, pour trouver l'arête du milieu, qui doit former un angle rentrant, il faut creuser la pièce selon une courbe que l'on trace avec le même calibre sur une des faces extérieures, pour avoir les profondeurs de ce recreusement à chaque ligne droite tracée des courbes des extrémités à celles du milieu, comme on le voit par la Figure 9.

Des lunettes.

Lorsqu'il s'agit d'une lunette qui pénètre une voute au-dessous de son sommet, Figures 10 et 11, l'arête qui se forme à la rencontre des surfaces, est une courbe à double courbure, dont l'exécution présente encore plus de difficulté que les précédentes; mais on en peut facilement venir à bout en opérant comme nous l'avons ci-devant expliqué au Livre V., pour de semblables lunettes en charpente.

On supposera d'abord un polygone inscrit dans la courbe, formé par des pièces droites et méplates, assemblées comme des bâtis de menuiserie. Cette disposition est indiquée par les Figures 10, 11 et 12, qui expriment le plan, l'élévation et le profil de cette lunette, avec la manière de trouver le rallongement des pièces et des courbes pour la former. On a indiqué dans ces Figures les parties correspondantes par les mêmes chiffres et les mêmes lettres, afin qu'on puisse suivre plus facilement l'opération.

Il est facile de concevoir que cette opération est applicable au développement de toutes sortes de lunettes, quelles que puissent être leur position et la courbure de leur cintre.

Lorsque la direction d'une lunette est oblique en plan ou en élévation, et qu'elle ne donne pas une courbure symétrique, il faut faire l'opération pour les deux côtés, tandis que pour les courbures symétriques une seule suffit, parce que les calibres faits pour un côté peuvent servir pour l'autre, en les renversant.

Des voûtes sphériques et sphéroïdes.

Les compartimens à faire pour le revêtement des voûtes sphériques, se composent de courbes qui sont toujours des arcs de cercle en plan et en élévation. Quant aux diminutions des largeurs, elles se trouvent par les principes de développement expliqués au troisième Livre, pages 187 et 194.

Dans les voûtes sphéroïdes, les courbes des pièces formant compartiment, sont des parties d'ellipse qui peuvent se tracer par le moyen des ordonnées aux parties de cercle correspondantes, comme l'indique la Figure 2, Planche CXXXVII.

Pour faciliter l'exécution des montans, il faut qu'ils soient compris entre deux plans verticaux tendant au centre; d'ailleurs c'est la disposition qui convient le mieux pour la régularité des compartimens.

Lorsqu'on ne veut pas leur donner cette direction, ou qu'ils forment des compartimens cintrés, on cherchera la courbe qui répond à la direction, ou à la corde de la courbe de la partie cintrée, qu'on trace ensuite sur la douelle développée.

Nous ne nous étendrons pas davantage sur ces revêtemens, parce qu'ils ne sont presque pas d'usage, étant sujets à se tourmenter et à se désunir; on leur préfère avec raison les stucs et les plâtres, même sur les voûtes en bois; ces derniers sont infiniment moins coûteux et ne sont pas exposés aux mêmes accidens.

CHAPITRE QUATRIÈME.

DES ESCALIERS EN MENUISERIE.

Ce sont ordinairement de petits escaliers qu'on pratique dans l'intérieur des appartemens, pour servir de dégagement à des pièces situées l'une au-dessus de l'autre. Comme la place est souvent très-bornée, et que les points de départ et d'arrivée sont fixés, on est quelquefois obligé de leur donner des formes contournées, afin d'avoir de *l'échappée*, c'est-à-dire, la facilité de pouvoir monter et descendre sans risquer de se heurter la tête contre le dessous des marches supérieures, lorsque l'escalier fait plus d'une révolution. Il y a un certain mérite à bien tourner un escalier commode dans un petit espace [1]. Les Figures 1 jusqu'à 10, Planche CXXXVIII, représentent le plan et les détails d'un escalier de ce genre, tiré du Recueil de charpente de M. Krafft, et exécuté à Paris sous la direction de M. Mandar, architecte.

Cet escalier, dont le plan est circulaire, avec limons courbes, et noyau évidé, commence par une rampe droite, et, après avoir parcouru environ les trois-quarts de la circonférence du cercle, il finit au moyen d'une partie de limon courbe, précisément au-dessus du point où il a commencé.

Chaque marche, excepté la première, est composée de deux planches assemblées à rainures et languettes, dont une forme le dessus et l'autre le devant. Par les bouts, les marches sont fixées dans les limons par des entailles, et maintenues par des boulons à tête, avec vis et écrous.

On a placé, autour du plan, le développement des parties de limon qui y correspondent, avec leur débillardement et les entailles des marches. Chaque partie est indiquée par des lettres et des chiffres correspondans à ceux du plan, pour en faciliter l'intelligence.

Les Figures 1, 2, 3, 4 de la Planche CXXXIX représentent les plans et détails d'un escalier en vis à jour sur un plan circulaire, avec marches profilées par les bouts, sans limon et isolé, en sorte qu'il n'est soutenu qu'au point où il commence et à celui où il finit. On donne aussi à ces escaliers le nom d'*imprévus*, parce qu'ils peuvent facilement s'établir

[1] Il serait impossible de donner des exemples de tous les cas qui peuvent se rencontrer; on ne peut guère qu'indiquer, ainsi que nous l'avons fait dans la charpente, la marche à suivre pour obtenir les divisions de marches les plus commodes et les plus régulières. Voyez Livre V^e., IIe. Section, Chapitre 2

après coup, à l'intérieur même des appartemens. Au reste, la hardiesse et l'élégance de leur construction peuvent, dans certains cas, les faire regarder comme objet d'ameublement. Chaque marche est en bois plein, avec coupe et recouvrement, comme les marches en pierre ou en charpente. Ces marches sont fortement réunies entre elles à leurs extrémités, par des doubles boulons à vis et écrous, qui les relient successivement avec les marches du bas et celles du haut, en les traversant obliquement sur la largeur, comme l'indiquent les Figures 3 et 4.

Pour éviter les fentes et gerçures auxquelles le bois plein est sujet, on pourrait faire la masse en charpente, revêtue de menuiserie. Par ce moyen, on réunirait la beauté avec la solidité.

Des marches en menuiserie.

Les marches de menuiserie se font d'une, de deux ou de trois planches. Dans les escaliers droits appelés échelles de meunier, et les marchepieds ou escaliers de bibliothèque, chaque marche n'est formée que d'une seule planche, assemblée dans les limons à tenon et à queue d'aronde avec entaille, comme l'indiquent les Figures 5, 6 et 7, Planche CXXXIX.

Pour les escaliers de dégagement, les marches sont ordinairement composées de deux planches. Celle qui forme le dessus a 18 à 20 lignes d'épaisseur; elle est ornée sur le devant d'un profil en forme d'astragale. Cette planche est assemblée dans des entailles pratiquées dans les limons, quelquefois avec des tenons comme l'indique la Figure 8. L'autre planche formant le devant, peut avoir 10 à 12 lignes d'épaisseur; elle s'assemble avec celle de dessus à rainure et languette, Figure 9.

Lorsqu'on veut former un plafond en dessous, on ajoute d'autres planches qui s'assemblent entre elles et dans les limons à rainures et languettes. Pour empêcher que les joints ne s'ouvrent d'une manière désagréable, par la retraite à laquelle tous les bois sont sujets, on peut les assembler à recouvrement, comme l'indique la Figure 10.

Lorsque ces planches ou revêtemens se posent sous des marches dont la largeur est plus grande à une des extrémités qu'à l'autre, comme dans les rampes tournantes, le dessous doit former un gauche, produit par la différence de giron, indiqué par les Figures 11 et 12.

Les rectangles ADEB, FHIG, Figure 12, indiquent l'épaisseur que la

pièce de bois doit avoir pour contenir le gauche, et le trapèze DFGE Figure 11, sa forme développée.

En faisant ce revêtement de deux pièces, leurs épaisseurs seront indiquées par les rectangles FONL et MRIP. Il est aisé de voir que l'épaisseur diminue, à mesure que la largeur devient moindre.

Lorsque le dessous des escaliers doit être décoré de compartimens avec panneaux, l'épaisseur des limons et les battans de rives doivent être développés. Quant aux traverses et aux panneaux, les bois qui les forment doivent être élégis comme les dessous dont nous venons de parler.

Des limons droits et courbes, et des noyaux d'escaliers.

Les limons droits ne présentent pas de difficultés dans leur exécution: il ne s'agit que de tracer sur leurs surfaces intérieures le profil des marches pour y creuser les entailles qui doivent les recevoir. Il faut seulement remarquer que si les girons des marches ne sont pas égaux, le dessus du limon doit être une surface gauche déterminée par des lignes, selon le prolongement des marches qui doivent être de niveau, lorsque le limon est en place, et par conséquent former un angle droit avec les aplombs des devans des marches, Figure 14.

Des limons courbes.

Ces limons doivent être considérés comme des parties de cylindres creux dont la base est exprimée par la projection en plan et qui sont coupées obliquement. Il faut remarquer, à ce sujet, qu'un cylindre creux, formé par des courbes concentriques, Figures 13, 14 et 15, étant coupé parallèlement à sa base par un plan droit, donne partout une épaisseur égale; mais si l'on suppose que ce plan devienne oblique, il est évident qu'il n'y aura que la ligne autour de laquelle le plan a tourné, qui ne change pas de grandeur, parce qu'elle reste parallèle au plan de projection; toutes les autres tendantes au centre de la courbe, en devenant obliques à ce plan, se rallongeront en raison de leur éloignement de la ligne autour de laquelle le plan a tourné. C'est pour cette raison que les cerces rallongées, qui forment les calibres des parties obliques de cylindre, dans lesquelles les limons doivent être pris, ne sont pas d'égale largeur. Mais comme le dessus et le dessous de ces limons doivent

être de niveau dans le sens des perpendiculaires à la courbe en plan, ou selon la direction du prolongement des marches, les élégissemens que l'on fait pour cela redonnent aux surfaces de dessus et de dessous des limons, une largeur partout égale, comme dans le plan de projection auquel ces lignes de niveau deviennent parallèles.

La Figure 14 indique la manière de former les courbes rallongées pour un limon dont la projection en plan est une ellipse. On a considéré ce limon comme une tranche oblique d'un cylindre à base elliptique. Pour trouver la largeur et l'inclinaison de la bande dans laquelle le limon peut être compris, on a commencé par faire au-dessus du plan, Figure 13, le profil des marches auprès du limon, par le moyen des hauteurs et des largeurs des marches élevées de dessus le plan. Ce profil fait, on a tracé une courbe qui passe par les angles des marches. On a ensuite mené des parallèles à cette courbe pour marquer les arêtes de dessus et de dessous du limon du côté des marches.

Pour l'extérieur du limon, on a divisé son contour en même nombre de parties que l'intérieur, et, après avoir élevé des perpendiculaires de ces points de division, on les a réunis aux divisions intérieures par des horizontales tirées des points où ces dernières rencontrent les courbes du dessus et du dessous, et, par ces intersections, on a tracé les arêtes extérieures du limon.

Cette projection verticale étant faite, on a mené des points extrêmes des parallèles, pour indiquer la tranche de cylindre dans laquelle le limon doit se trouver, en ménageant l'épaisseur du bois le plus possible.

Pour exécuter cette tranche oblique, il faut avoir un calibre, Figure 15, qui donne les courbes de dessus et de dessous.

Pour former ce calibre, on a tracé des perpendiculaires de tous les points où les verticales élevées de dessus le plan rencontrent la ligne droite du dessus de la tranche oblique; on a porté ensuite sur ces lignes les grandeurs des ordonnées correspondantes tracées sur le plan, et par les points donnés, on a tracé les courbes rallongées qui doivent former les arêtes du calibre. On se servira de ce calibre pour tracer les pièces de bois dont on doit former le limon, en ne prenant que la partie qui peut être comprise dans chacune de ces pièces, et on les formera en abattant le bois en dehors des parties tracées. Les faces courbes étant faites, on tracera sur celle du côté des marches leur profil pour les entailles qui doivent les recevoir, et les lignes du dessus et du dessous qui doivent être

tangentes aux angles des marches; les lignes tracées sur le calibre serviront à marquer les points correspondans des lignes de niveau, pour former le dessus et le dessous. On a marqué sur le calibre l'assemblage dont on peut se servir; c'est une espèce de trait de Jupiter qui se serre avec une clef. Toutes ces opérations sont indiquées par les mêmes lettres et chiffres pour les points correspondans, Figures 13, 14 et 15.

Lorsque le plan de projection des limons d'un escalier est un cercle ou une ellipse, les courbes de rallongement sont toujours des ellipses dont il suffit de connaître les deux axes pour les tracer d'une manière exacte, en se servant de la méthode indiquée au 3e. Livre, pages 43 et 44.

Mais si la courbe en plan n'est ni une ellipse ni un cercle, son rallongement peut se faire par les ordonnées comme nous venons de l'indiquer. Ce moyen est général pour toutes sortes de rallongement, quelle que soit la courbe, en prenant pour ordonnées des lignes qui ne changent pas de grandeur dans la projection en plan, ou dans une projection faite exprès.

Des escaliers en S.

La disposition des marches dans les escaliers dont le plan présente la figure d'un S, mérite une attention particulière; en effet, si pour procurer aux limons une forme régulière, on divisait sur chacun d'eux les marches en parties égales, il en résulterait deux inconvéniens assez graves. En premier lieu, les arêtes des marches ne se présenteraient pas perpendiculairement à la direction que suit naturellement une personne qui monte; ensuite, vers le milieu de l'escalier, les marches deviendraient plus étroites que celles des extrémités, quoiqu'elles fussent toutes d'égale largeur au collet. Disposé de la sorte, un escalier ne saurait être ni commode ni agréable.

Voici par quel moyen on pourra éviter ces inconvéniens. Le plan de l'escalier étant tracé, Figure 16, on divisera sa largeur en deux parties égales pour avoir la ligne des girons G G; ensuite, le nombre des marches, et leur largeur de giron ayant été déterminés, on portera cette dernière sur la ligne de giron, ce qui donnera les points 1, 2, 3, etc. par où doivent passer les devans des marches.

Cette opération étant faite, on prendra sur le plan la longueur intérieure de l'un des limons (les deux étant parfaitement semblables dans le cas dont il est question), que l'on développera sur la ligne *a k*, Figure 18.

On divisera ensuite cette ligne en autant de parties égales que l'on a de marches; puis, sur une ligne d'une longueur quelconque *q c*, on élèvera deux perpendiculaires, dont l'une *p q* aura de longueur la grande largeur de la première et de la dernière marches, et l'autre *c v* celle de leur petite largeur (ces deux dimensions réunies ne doivent jamais exceder en grandeur deux divisions du limon). En réunissant les points *p v* par une ligne droite, on formera un trapèze sur lequel on trouvera toutes les différentes largeurs des autres marches, en le divisant par des perpendiculaires en nombre égal à celui des marches. Au reste, le résultat de cette opération n'est autre chose qu'une progression arithmétique, dans laquelle la somme des extrêmes est égale au double de la somme des moyens.

Minimum de grandeur des espaces dans lesquels il soit possible d'établir des escaliers circulaires.

On trouve dans la seconde partie du *Traité sur la charpente théorique et pratique*, publié en 1820 par M. Krafft, architecte, la solution de trois problèmes de ce genre, dont le résultat paraîtra sans doute un complément utile aux détails dans lesquels nous sommes entrés sur cette intéressante partie de la construction.

PREMIER PROBLÈME.

Quel est le plus petit espace circulaire sur lequel puisse s'établir un escalier commode, c'est-à-dire, dont les marches aient 6 pouces de pas, 12 pouces de giron et 3 pieds de long, et qui ait 6 pieds d'échappée; ce qui détermine 13 marches dans une révolution? Figures 11 et 12, Planche CXXXVIII.

Résultat de la solution : 7 pieds 1 pouce 7 lignes.

DEUXIÈME PROBLÈME.

Quel est le plus petit espace circulaire sur lequel on puisse établir un petit escalier praticable, quoiqu'un peu étroit, c'est-à-dire, dont les marches aient 6 pouces de pas, 8 pouces de giron : qu'il ait 6 pouces de noyau

et 72 pouces d'échappée; ce qui réduit à 18 le nombre des marches d'une révolution?

Résultat de la solution : 5 pieds 0 pouce 2 lignes.

Troisième problème.

Étant forcé, par l'emplacement, de réduire le giron de chaque marche à 7 pouces 8 lignes; de porter le pas à 6 pouces 4 lignes de hauteur, et de n'en mettre que 12 dans une révolution, quel est le plus petit espace circulaire sur lequel cet escalier puisse être construit en réduisant son noyau à 5 pouces? Figures 13 et 14, Planche CXXXVIII.

Résultat de la solution : 4 pieds 5 pouces 6 lignes.

DEUXIÈME SECTION.

DISPOSITION DE LA MENUISERIE MOBILE.

CHAPITRE PREMIER.

DES CROISÉES, VOLETS, PERSIENNES ET JALOUSIES.

DES CROISÉES

On nomme communément *croisées*, les ouvertures pratiquées dans les murs des bâtimens pour introduire l'air et la lumière dans l'intérieur des appartemens; nom qui fut sans doute primitivement donné aux châssis vitrés qui servent à clore ces ouvertures. En effet, en examinant la disposition des bois dans ces ouvrages, il paraît facile d'expliquer comment, par extension, le nom de croisées qui leur était propre, devint ensuite celui des places où elles sont vues dans l'ensemble des édifices.

Sous le rapport de leur construction, les croisées peuvent être considérées comme l'ouvrage le plus ingénieux et le plus délicat de la menuiserie, et l'art ne saurait aujourd'hui apporter aucun perfectionnement utile aux formes et aux proportions que chacune de leurs parties a reçues du temps et de l'expérience.

On divise ordinairement les croisées en plusieurs classes, en raison de leur grandeur et de leurs formes; mais comme à cela près de quelques détails d'exécution, qu'il est facile d'interpréter, leur construction est absolument la même dans tous les cas, il ne sera question dans ce chapitre que de leur disposition et de leurs assemblages [1].

En général, les croisées se composent de deux parties distinctes; savoir: d'un bâti ou *dormant*, et des vantaux ou *châssis vitrés*. Le dormant est formé par les deux *battans* B B, Figure 1, Planche CXL, la pièce d'appui P et la traverse du haut A; on y ajoute quelquefois une traverse C dite *imposte*, pour diminuer la hauteur des châssis lorsque les croisées sont fort grandes.

Les châssis vitrés sont formés par : 1°. les *deux battans*, dont l'un *f* se nomme battant de *noix*, et l'autre *g* battant de côte ou *meneau* pour

[1] Les détails qu'on va lire sont extraits en partie de l'ouvrage de M. Roubo fils, qui a donné la description la plus complète de ces ouvrages.

le châssis de droite; le châssis de gauche a aussi son battant de noix *f* et un petit battant *h* dit de *gueule de loup*; 2°. la *traverse du haut i*; 3°. le *jet-d'eau l*; 4°. plusieurs *traverses m* assemblées à tenons et mortaises dans les battans, et servant à porter les feuilles de verre.

Depuis 10 pieds jusqu'à 12 et 15 pieds de hauteur on met ordinairement des impostes aux croisées, afin de diminuer autant que possible, pour la facilité de l'usage, la grandeur et le poids des châssis; les croisées sont généralement garnies de volets, et celles qui n'en doivent point avoir sont toujours disposées de manière à pouvoir en recevoir dans la suite.

On donne aux battans de dormans de ces croisées depuis 2 pouces jusqu'à 2 pouces 6 lignes et même 2 pouces 9 lignes d'épaisseur, sur 4 pouces ou 4 pouces 6 lignes de largeur s'il y a des embrasemens, et seulement 3 pouces s'il n'y en a pas [1]. On doit faire en sorte qu'ils rentrent en dedans des tableaux au moins d'un quart de pouce sur le haut et les côtés de la baie, Figure 1, Détails 3 et 4.

L'arête intérieure de ces battans est élégie par une feuillure de 5 à 6 lignes de profondeur sur 6 à 7 de large, laquelle sert à isoler les volets des châssis vitrés. L'arête de la feuillure qui se trouve sur le champ de la pièce, ainsi que celle du battant de noix qui doit s'appliquer contre, sont ensuite recreusées en forme de *congé*, de manière à former ensemble une cannelure en demi-cercle, dans laquelle la moitié de la fiche se trouve exactement placée.

Pour maintenir les châssis le long des battans de dormans, et fermer plus exactement l'ouverture de la baie, on pratique sur l'épaisseur de ces derniers une rainure en forme de canal qu'on nomme *noix*, dans laquelle vient se loger une baguette de même mesure qu'on ménage aux battans des châssis nommés pour cela battans de noix; cette rainure doit avoir les deux cinquièmes de l'épaisseur du châssis, Figure 1, Détails 3 et 4.

Les assemblages des battans de dormans avec les traverses d'en-haut et les pièces d'appui se font à tenon et à *enfourchement*, à moins que par un cas extraordinaire les traverses d'en-haut ne se trouvent fort larges, alors on y ferait seulement des mortaises. L'épaisseur de ces assemblages doit avoir les deux septièmes de celle du battant ou le tiers au plus. Figure 1, Détails 4 et 5.

[1] La largeur des battans de dormant est déterminée par l'épaisseur que forment les deux feuilles de volets repliées, plus l'épaisseur du panneton qui sert à porter l'espagnolette qui se trouve entre deux et les empêche de se joindre.

Les pièces d'appui portent depuis 3 pouces jusqu'à 4 d'épaisseur, en raison de la manière dont le derrière des pierres d'appui se raccorde avec les feuillures de la baie; le Détail 4 indique la meilleure manière de former ces raccordemens.

Les traverses d'en haut doivent avoir la même épaisseur que les battans de dormans sur 2 pouces ½ à 3 pouces de largeur, et 1 pouce de plus dans les croisées disposées pour recevoir des embrasemens, Figure 5.

La largeur de ces traverses est déterminée, 1°. par celle de la feuillure; 2°. par celle de la gâche de l'espagnolette; 3°. par le recouvrement des volets, plus 1 pouce de jeu environ pour pouvoir les dégonter.

Les impostes sont, comme on l'a déjà dit, des traverses qui servent à diminuer la trop grande hauteur des châssis; elles doivent avoir 3 à 4 pouces de hauteur, sur même largeur que les battans de dormant au fond de la feuillure, à moins cependant que, comme dans les croisées cintrées, les volets ne montent que jusqu'à la naissance du cintre, alors elles devraient s'affleurer avec la côte.

L'imposte porte, en dessous à l'intérieur, une feuillure dans laquelle se loge l'épaisseur du châssis, et à laquelle on donne 6 à 7 lignes de hauteur. L'espace compris entre le dessous de la traverse d'en haut et l'imposte est fermé par des châssis dormans, arrêtés haut et bas dans des feuillures; pour celle du bas on suit la même disposition qu'aux pièces d'appui et aux rejets d'eau des châssis mobiles. Ces deux châssis sont séparés par un montant de même largeur que la côte saillante ménagée sur le *battant meneau*, assemblé haut et bas à tenon et mortaise, Figure 6.

Lorsque les croisées sont cintrées par le haut, on place les impostes au niveau des naissances du cintre; mais quand les croisées se terminent carrément, après avoir fait le compartiment total des carreaux, en y observant la largeur des impostes, des jets d'eau et des traverses, on placera l'imposte à la hauteur d'un carreau en contre-bas du linteau de la croisée. Dans toutes les croisées les carreaux doivent être de forme oblongue; ils peuvent avoir en hauteur depuis un quart jusqu'à un tiers en sus de leur largeur.

Dans les croisées cintrées on est obligé de faire régner la même largeur de battans de dormant au pourtour de la croisée; on fait alors la traverse cintrée de trois ou quatre morceaux que l'on joint ensemble en enfourchement, ou, pour plus de solidité, à traits de Jupiter; les deux bouts de la traverse cintrée viennent s'assembler à tenon dans l'imposte.

Les battans de châssis diffèrent de largeur en raison de leur grandeur, et des moulures dont on veut orner les croisées; cependant la largeur des battans de noix ne varie guère que de 3 pouces à 3 pouces ½ dans les croisées de largeur ordinaire, c'est-à-dire, de 4 à 5 pieds dans les tableaux, dont 2 pouces pour le champ et le reste pour la noix et la moulure.

Les battans de côte ou meneaux ont de largeur, d'abord celle de la côte qui règne pour l'épaisseur avec celle des feuillures de battans de dormant, laquelle varie de 2 pouces à 2 pouces ½; plus celle du champ *c*, qui peut avoir de 6 lignes jusqu'à 1 pouce, selon que les croisées sont plus ou moins larges; enfin, celle de la moulure *m*; à l'égard des petits battans *p*, leur largeur comprendra celle du champ et de la moulure, plus la moitié de leur épaisseur, Détails 7, 8, 9 et 10.

Quant à l'épaisseur du châssis, elle peut avoir depuis 15 jusqu'à 20 lignes, selon que l'exige la grandeur des croisées ou les conditions du marché. On peut diminuer proportionnellement la largeur des bois dans les croisées au-dessous de la dimension ordinaire; mais leur épaisseur demeure constamment la même.

La construction des croisées d'une grandeur extraordinaire, comme celles des grands appartemens, galeries, orangeries, etc., ne diffère de celle des précédentes que pour la longueur et la grosseur des bois, l'épaisseur des battans de châssis étant portée jusqu'à 2 et même 3 pouces dans ces croisées, et leur largeur jusqu'à 4 et 5 pouces.

Les traverses du haut du châssis *k*, Figure 1, ont ordinairement 3 pouces de largeur, sur même épaisseur que les battans. On donne aux *jets d'eau* depuis 3 pouces jusqu'à 4 pouces de largeur, sur 1 pouce et même 1 pouce ½ de plus en largeur que l'épaisseur des châssis. Cet excédant de saillie sert à former un larmier dont le dessous est refouillé en *coupe-larme* pour faciliter l'écoulement des eaux à l'extérieur, Détails 4 et 5.

Les traverses et jets-d'eau auront mêmes formes et dimensions dans les châssis d'impostes; on pourra cependant les tenir un peu moins larges que dans les grands châssis, afin de laisser plus d'entrée à la lumière, Détail 6.

Les ouvertures des croisées à gueule de loup, Détail 8, sont préférables aux autres, parce qu'elles maintiennent les châssis dans leur hauteur et qu'elles joignent mieux dans toutes leurs parties On ne doit em-

ployer les ouvertures à doucine, Détail 9; et à chanfrein, Détail 10, qu'aux portes-croisées et dans le cas de croisées cintrées en plan.

Dans les croisées qui ouvrent à doucine ou à chanfrein, les deux battans de côte doivent être de même largeur; ils portent, en sus de l'épaisseur des châssis, celle de la côte du dehors ou du dedans, selon qu'ils sont placés à droite ou à gauche, Détails 9 et 10 [1].

L'épaisseur des petits bois est égale à celle des châssis. Leur assemblage doit être placé au fond de la feuillure, que l'on fera aussi profonde que possible, sur 3 à 4 lignes de large au plus, pour laisser plus de force au derrière des petits bois, Détail 11.

En général, toute la solidité des croisées consiste dans leurs assemblages; il faut qu'ils soient extrêmement justes, exécutés avec toute la précision possible. Il suffit cependant que l'assemblage soit juste sur son épaisseur, autrement le bout des battans ne manquerait pas de se fendre; tout le raide doit se trouver sur les épaulemens ou sur la largeur du tenon, ce qui est la même chose.

Les *portes-croisées* diffèrent des croisées dont nous venons de parler, en ce qu'elles ouvrent toujours à doucine ou à chanfrein, comme nous l'avons dit ci-devant, et parce qu'elles ont par le bas des panneaux autour desquels règne en parement la même moulure qu'au-dessus. Ces panneaux sont arasés par dehors, ou bien ils font corps sur le bâti, ce qu'on appelle panneaux recouverts, Détail 12.

On doit observer de rapporter ou de ravaler sur les traverses d'appui des portes-croisées, des cymaises méplates d'un ou de deux pouces de largeur, selon la grandeur des portes, lesquelles régneront d'épaisseur avec la côte pour servir à porter les volets.

Dans les murs en moellons on a coutume d'entailler et de sceller dans les tableaux la saillie du profil de la piece d'appui et de l'imposte; mais on évite les entailles en retranchant des deux côtés la saillie de ces profils dans la largeur des feuillures, quand les murs sont en pierre de taille.

Lorsque le dormant est en place il faut y présenter les châssis vitrés, afin de voir si le jeu est égal sur toute la largeur de la croisée; c'est pourquoi il est nécessaire de faire ferrer les croisées avant de les poser.

Avant de faire sceller et arrêter une croisée, il est bon de mettre entre

[1] A l'intérieur, le battant de côte doit toujours être au châssis de droite, comme l'indiquent les Figures 8 et 9, à moins d'un cas extraordinaire, comme dans les *portes-croisées*, dont on doit toujours pousser en avant le châssis à droite en entrant dans l'appartement.

les châssis et les traverses des dormans, de petites cales de l'épaisseur du jeu qu'il doit y avoir entre deux, afin qu'on ne les fasse pas ployer en les scellant; il faut aussi mettre des coins de bois entre le dormant et le mur pour tenir la croisée pendant qu'on la scelle, mais seulement au droit des traverses et des impostes pour ne pas faire ployer les battans. Les croisées s'arrêtent avec des *pates à scellement* entaillées de leur épaisseur sur les battans, où elles sont fixées par des vis à *tête fraisée*. Pour plus de solidité on donne à cette extrémité de la pate la forme d'une queue d'aronde. S'il se trouve un peu de jeu entre les croisées et le fond des feuillures, ce qui est presque inévitable, on le remplit avec du plâtre dans lequel on mêle moitié de poussière, afin d'empêcher qu'il ne pousse trop le dormant.

DES VOLETS.

Les volets sont des vantaux de menuiserie destinés à fermer plus sûrement les baies des croisées et à modifier l'intensité de la lumière dans l'intérieur des appartemens. Les volets se composent de battans, de traverses, de panneaux et de frises disposés par compartimens comme dans les lambris, Figure 2.

Les volets sont toujours brisés en deux, quelquefois même en trois parties, en raison de la largeur du châssis qu'ils couvrent et de la profondeur des embrasemens. Pour qu'ils soient d'une seule pièce, c'est-à-dire, sans brisure sur la largeur, il faut que les embrasemens aient assez de largeur pour pouvoir les contenir, ce qui n'arrive guère que dans un étage souterrain et dans le bel étage d'un palais. Lorsque les volets sont ainsi disposés, on n'y fait point de feuillure au pourtour, et on les gonte avec des fiches à nœuds sur l'arête, ou, pour plus de propreté, avec des pivots, Détails 13 et 14.

La brisure des volets se fait de deux manières différentes, 1°. à rainure et languette, comme l'indiquent les Détails 15, 18 et 21; 2°. à feuillure, Détails 16 et 17. Les dernières feuilles des volets brisés doivent être plus étroites de 15 lignes au moins, afin que la saillie de la boucle de l'espagnolette ne nuise pas en les brisant, et que l'on ne soit pas obligé de faire des entailles dans le dormant pour faire entrer les ferrures, Détail 16.

En général on donne aux battans de volets qui portent les fiches,

depuis 2 pouces jusqu'à 2 pouces ½ de largeur, plus les feuillures et la moulure, et 3 lignes et même 6 lignes de moins à ceux des rives; ceux de brisure doivent avoir ensemble 3 à 4 pouces de largeur, leur épaisseur doit être de 14 à 16 lignes.

Les traverses des volets doivent avoir de largeur, tant celles du haut et du bas, que celle du milieu, 2 pouces ½ ou 3 pouces de champ, plus la largeur des moulures et des feuillures. Leurs assemblages doivent toujours être placés, du moins autant que cela est possible, au derrière de la rainure, et avoir d'épaisseur les deux septièmes de celle des volets. On fera passer ces assemblages au travers des battans de brisure pour plus de solidité.

Le compartiment des volets est soumis aux mêmes conditions que celui des lambris et des portes, c'est pourquoi nous renvoyons le lecteur aux explications qui sont données à ce sujet.

Des persiennes.

On donne le nom de *persiennes* à des fermetures formées de châssis comme ceux des croisées, mais dont le vide est rempli par des feuilles de bois minces, éloignées entre elles de l'épaisseur du châssis et disposées diagonalement en abat-jour, de manière à abriter l'intérieur des appartemens contre le soleil et la pluie, en laissant au dedans un libre passage à l'air et à la vue, Figure 3.

L'usage des persiennes semble, d'après leur nom, devoir venir de l'Asie; en effet, il paraît assez vraisemblable que cette ingénieuse invention nous vienne du pays même dont elle porte le nom.

Les persiennes doivent toujours ouvrir en dehors; elles peuvent être posées sans battans, ajustées seulement dans des feuillures pratiquées dans la pierre ou le plâtre sur l'arête extérieure du tableau. Lorsque les persiennes doivent être posées sur battans, ceux-ci doivent être placés dans la feuilleure, Détails 22 et 23.

Les bois des châssis ont depuis 3 jusqu'à 4 pouces de large, sur 15 et même 20 lignes d'épaisseur, selon que l'exige la hauteur des croisées. Les lames sont assemblées dans les bâtis de trois manières différentes : la première est de les faire entrer en entailles dans les battans, en observant de faire les entailles plus profondes par le haut afin que les lames se serrent en entrant. On les arrête par le bas avec une pointe de chaque côté, Détails 24 et 25.

La seconde manière est de les faire entrer en entailles comme les premières et de ménager un goujon, lequel entre dans un trou que l'on fait au milieu de l'entaille, Détails 26 et 27.

La troisième, enfin, est de ne point faire d'entailles ni de goujons, mais de faire à chaque lame un tenon de 5 à 6 lignes de largeur. Cette dernière manière est la plus solide et la plus convenable; elle est encore préférable en cela que l'on n'est pas obligé de mettre de traverse large dans la hauteur du châssis; dans ce cas on laisse seulement aux tenons de deux ou trois lames une longueur suffisante afin de pouvoir être chevillés, Détails 26, 28 et 29.

On abattra haut et bas le champ des traverses à l'intérieur selon la pente des lames; il en sera de même à l'égard de celles du milieu, auxquelles on pourra donner l'épaisseur de deux ou trois lames en raison de la hauteur de la croisée.

Quelquefois les lames sont mobiles dans toute la hauteur du châssis, ou seulement sur une partie; mais dans ce cas elles ne peuvent se recouvrir horizontalement les unes et les autres, comme on le voit dans le Détail 30. On pose les lames mobiles de manière à ce que quand elles sont fermées elles puissent se joindre exactement les unes aux autres; les lames peuvent être façonnées en doucine sur l'épaisseur; on peut aussi y pratiquer des feuillures, ce qui est plus solide que les chanfreins ordinaires.

Des jalousies.

Les jalousies, Figure 4, peuvent être considérées comme des espèces de rideaux de menuiserie propres à remplacer, avec économie, les persiennes dont il vient d'être question. Les jalousies se composent de lames de 4 pouces de large sur environ 2 lignes d'épaisseur, maintenues à égale distance les unes des autres par des rubans qui les enveloppent, et traversées par des cordes qui servent à les faire monter, descendre et mouvoir dans tous les sens. Rien de plus ingénieux que leur mécanisme ni de plus simple que leur construction. L'un et l'autre sont tellement connus aujourd'hui, qu'il nous paraît inutile d'entrer dans un plus long détail à ce sujet, d'autant plus encore que les figures que nous en donnons suffisent seules pour en faciliter l'intelligence. Voyez le Détail 31.

CHAPITRE DEUXIÈME.

DES PORTES.

En architecture, le principal objet de la menuiserie étant de former des surfaces d'assemblage pour revêtir les planchers et les murs, diviser l'intérieur des appartemens, et de faire des clôtures mobiles aux ouvertures pratiquées dans les murs des édifices, il en résulte que ces divers ouvrages doivent présenter entre eux, dans leur disposition, plusieurs points de ressemblance. Cette observation peut s'appliquer, sans restriction, à la construction des portes, d'autant plus qu'on y emploie également les dispositions propres aux planchers, aux parquets, aux lambris et aux cloisons, en raison des caprices de l'art et du lieu où elles doivent être placées. Les Fig. 1 à 5, de la Planche CXLI, offrent l'ensemble des principales applications qui ont été faites de ces différens systèmes d'assemblage. Nous ajouterons ici, à ce qui a été dit sur chacun d'eux dans les Chapitres précédens, quelques détails particuliers relativement à la construction des portes tant intérieures qu'extérieures.

Des portes pleines.

La construction des portes pleines diffère peu de celle des planchers de frise, dont il a été question page 195. Ces portes se composent de planches assemblées entre elles, à rainures et languettes, et à clefs pour les empêcher de se désunir, et par leurs extrémités, dans des traverses nommées *emboîtures*. Lorsqu'elles ont plus de 15 lignes d'épaisseur, on les joint à plat et on y rapporte des languettes que l'on fait le plus minces possibles, afin de conserver plus de solidité aux joints. Ces assemblages, qui peuvent aussi convenir pour les dessus de tables et autres ouvrages du même genre, sont représentés par les Figures 15 et 16 de la Planche CXXXI.

Il est essentiel de donner de la *refuite* aux tenons qui entrent dans les emboîtures, c'est-à-dire, d'élargir les trous des chevilles dans les tenons, et agrandir les mortaises en sens contraire, afin que quand les planches viennent à se retirer chacune sur elle-même, les chevilles ni les épaulemens ne les arrêtent pas et ne fassent pas fendre les joints[1].

[1] Le mot de *refuite* peut également s'appliquer au vide qu'on observe au fond des assemblages pratiqués sur la largeur des bois, comme dans les embrèvemens des panneaux avec

Cette refuite doit donc être également des deux côtés, comme l'indique le détail E, dans lequel les lignes ponctuées marquent la véritable place des chevilles, et celles tracées à droite et à gauche, la grandeur de la refuite.

Lorsque ces portes sont trop exposées à l'humidité, on n'y me qu'une emboiture par le haut, et simplement une barre par le bas parce que dans cette situation les tenons pouriraient trop promptement. Cette observation peut également s'appliquer aux contrevents, et à tous autres ouvrages exposés au grand air et à l'humidité.

Des portes cochères.

Les vantaux des portes cochères sont, pour l'ordinaire, composés chacun d'un gros bâti, au haut duquel est un panneau, et de deux guichets, dont l'un est dormant et l'autre mobile [1], Figure 5.

L'épaisseur des gros bâtis des portes cochères doit être proportionnée à leur hauteur; leur épaisseur sera de 4 pouces dans les portes de 12 pieds de haut; de 5 pouces dans celles de 15 pieds, et de 6 pouces dans les portes de 18 pieds de hauteur. Les battans de rives doivent avoir leur épaisseur en largeur, plus la grandeur du champ qui peut varier de 5 à 7 pouces en raison de l'élévation de la porte; il faut encore y ajouter 1 pouce, 15 lignes, et même 18 lignes pour la moulure qu'on fait régner sur les arêtes intérieures, Figure 4, Détail 1.

Les battans du milieu auront la même largeur de champ et de mou-

les bâtis, et qu'on obtient en donnant aux rainures un peu plus de profondeur que n'en exigerait la largeur de la pièce qui doit s'y loger, mesurée en dehors des deux languettes. Ainsi dans ces assemblages, la plus grande largeur des languettes et l'excédant de profondeur des rainures, n'ont d'autre objet que de ménager une double refuite aux bois pendant le rétrécissement qu'ils éprouvent par l'effet des grandes chaleurs et le gonflement que leur fait subir l'humidité des hivers. Il résulte nécessairement de ces variations quelques légères irrégularités dans les compartimens de menuiserie; mais comme la température moyenne est la plus constante, c'est sur elle qu'il faut se régler pour établir les ouvrages dans toute leur régularité.

[1] La distribution des compartimens dans les portes cochères est soumise aux mêmes conditions que dans tous les ouvrages de menuiserie, c'est à l'art à tirer le meilleur parti des données que lui imposent l'expérience et la pratique. Autrefois, on remplaçait par des tables saillantes nommées *parquets*, les panneaux inférieurs que leur position rendait susceptibles d'être endommagés par les moyeux des roues; on garnissait même quelquefois le devant des portes d'une bande de fer placée à la hauteur des essieux pour préserver le bois de toute atteinte. Ces moyens, convenablement étudiés, pourraient donner lieu à une décoration raisonnée, préférable à celle qu'on a adoptée depuis pour ces ouvrages.

ure que les précédens, plus la moitié de leur épaisseur, pour les portes qui ouvrent à feuillure, et le tiers dans celles qui ouvrent à noix Détails 2 et 3.

Les traverses, tant du haut que du milieu, doivent avoir mêmes épaisseur et largeur de champ que les battans, plus 2 pouces ou 2 pouces et demi de portée pour celle du haut, et les embrèvemens et moulures nécessaires, tant pour celle-ci que pour celle du milieu. Détails 4 et 5.

Les traverses du bas doivent avoir 5 pouces de largeur au moins, et 6 pouces au plus, afin de ne pas gêner lorsqu'on passe dessus dans les guichets : leur épaisseur est égale à celle des battans, cependant on la tient quelquefois plus forte, de manière à former plinthe sur le devant. Détails 6 et 7.

Les battans qui portent le guichet dormant doivent être rainés à l'intérieur; on laissera 15 lignes de joue en parement à ceux qui ont 4 pouces d'épaisseur, 18 lignes à ceux de 5 pouces, et 21 à ceux de 6 pouces; les rainures auront de largeur le tiers de ce qui reste après la joue, ou de l'épaisseur du guichet, ce qui est la même chose, sur un pouce de profondeur.

La traverse au-dessus du guichet doit être rainée de même, mais on ne fera pas de rainure à celle du bas, parce qu'elle ne servirait qu'à conserver l'eau, ce qui pourirait la traverse.

On doit mettre dans les guichets dormans et les battans de bâtis, une clef sur la hauteur aux plus petites portes, et deux aux grandes; ces clefs qui servent à retenir l'écart des battans, et empêcher les portes de fléchir, doivent avoir une largeur et une épaisseur convenables Le guichet mobile est en tout semblable à l'autre, à l'exception qu'au lieu de rainures on y fait des feuillures de même profondeur.

Les assemblages des gros bâtis doivent avoir les deux septièmes ou le tiers au plus de l'épaisseur des bâtis; ils doivent être extrêmement justes : on doit éviter de les faire trop forts sur l'épaisseur, toute leur force devant être sur leur largeur. Si les assemblages ne remplissaient pas exactement les rainures ou les feuillures des bâtis, on aurait soin de les remplir par le moyen de barbes réservées à la racine des tenons et enfourchemens. Cette observation est très-essentielle, car lorsqu'il reste du vide entre les assemblages, la joue peut finir par s'enfoncer.

Les arêtes des battans de rives doivent être arrondies, afin qu'elles

ne nuisent pas à l'ouverture de la porte. On forme ordinairement une baguette méplate sur le battant du milieu, de la largeur de la feuillure ou de la noix. Le dégagement de cette baguette doit être d'un quart de pouce environ, afin d'égaler le jeu qu'on observe entre les deux vantaux. Détails 2 et 3.

Anciennement l'entrée des portes cochères était garnie de seuils, au moyen desquels les portes étaient également appuyées du haut et du bas, en sorte que les vantaux se trouvaient suffisamment maintenus par une simple feuillure; mais depuis que l'on a supprimé les seuils, il a fallu recourir aux fermetures à noix pour suppléer à l'appui que ceux-ci procuraient au bas des vantaux. Cette fermeture a encore l'avantage de rendre la ferrure plus facile. Détail 3.

La pose des portes cochères est très-pénible, vu leur extrême lourdeur. Le menuisier n'a d'autre soin que de la mettre en place; le point essentiel consiste dans la bonté et la solidité des scellemens. Le menuisier doit porter toute son attention à faire poser les portes dans un parfait aplomb, et se dégauchissant bien l'une avec l'autre; cette précaution est surtout essentielle quand l'ouverture de ces portes est en forme de noix. Il est bon de ne laisser qu'un quart de pouce de jeu sur la hauteur, parce que, quelque bons que soient les scellemens, la grande pesanteur des vantaux les fait toujours redescendre, et leur procure par là tout le jeu nécessaire.

Sur la largeur, il faut faire approcher les deux vantaux l'un contre l'autre par le bas, et au contraire y donner 9 lignes de jeu par le haut, et même 1 pouce aux portes d'une très-grande hauteur, ce que l'on fait en y mettant entre deux une cale ayant en grosseur la mesure de l'isolement qu'on veut obtenir.

Quand on veut sceller une porte cochère, il faut avoir soin de la bien caler, tant par dessous que par les côtés, et de n'ôter ces cales que vingt-quatre heures après que la porte a été scellée, afin que le plâtre ait eu le temps de prendre, et que les scellemens n'éprouvent ensuite, autant qu'il est possible, aucun mouvement.

Les portes à un seul vantail, désignées sous les noms *de portes bourgeoises ou bâtardes*, auxquelles on donne depuis 4 jusqu'à 6 pieds de largeur, se font de la même manière que les guichets des portes cochères; on y observe la même disposition, et la même grosseur dans les bois. On substitue quelquefois dans ces portes, une grille aux

panneaux pleins du haut, afin de procurer de la lumière aux passages auxquels elles donnent entrée. Figure 6.

Quand ces portes ne doivent point avoir de bâti, on tient leurs battans de 2 à 3 pouces au moins plus larges d'après le champ, afin que cette largeur serve de battement.

Des portes d'appartemens, dites à placard.

Ce qui a été dit précédemment au sujet de la construction des lambris, peut s'appliquer entièrement à celle des portes à placard; ces ouvrages ne diffèrent des premiers qu'en ce qu'ils doivent faire parement des deux côtés. Les portes d'appartement ouvrent toujours à feuillures; l'épaisseur des bois qu'on y emploie est réglée ainsi qu'il suit, en raison de leur grandeur, savoir : aux portes de 7 à 9 pieds de hauteur, ils auront 16 lignes d'épaisseur; à celles de 9 à 12 ils auront 18 lignes, et à celles de 12 à 15 ils auront 20 lignes d'épaisseur.

Les baies des portes d'appartement sont entièrement revêtues de menuiserie, savoir : les deux faces, par des chambranles contre lesquels viennent s'assembler les lambris; et le dessous et les côtés du tableau, par des embrasemens qui s'assemblent avec les chambranles. Fig. 7.

La pose des portes à placard exige quelques précautions particulières pour observer l'alignement et la symétrie dans les enfilades, et que l'étude et la pratique auront bientôt fait connaître.

Les chambranles qui doivent recevoir les portes, se posent de différentes manières sur les baies en bois et en plâtre. Dans les cloisons de charpente, lorsque les bois sont apparens, on peut les arrêter avec des broches, ou bien, ce qui est préférable, les attacher avec des pates à vis, dont l'extrémité est percée de plusieurs trous qui servent à les arrêter avec des clous sur les poteaux qui forment la baie. Quant les baies sont percées dans des murs, les pates à vis doivent être coudées et terminées par un scellement, afin de pouvoir entrer dans la maçonnerie.

Quant aux contre-chambranles, on les arrête avec des broches sur les cloisons de charpente, et dans les murs avec des pates droites, vissées obliquement en dessous, de manière à ce que le scellement dépasse entièrement en dehors, pour pouvoir être plus facilement garni.

On peut encore réunir les chambranles avec les embrasemens au

moyen de vis à têtes perdues, et les arrêter ensuite sur les côtés avec des pates à pointes ou des pates à plâtre, ce qui est encore plus solide

Les embrasemens se trouvant suffisamment maintenus par les rainures et languettes qui les unissent aux chambranles, il est seulement bon de les caler par-derrière, quand il s'y trouve trop de jeu, afin de les empêcher de ployer sur leur largeur.

Indépendamment de la disposition décorative de leur compartiment, les lambris et les portes sont susceptibles de recevoir l'application de certains ornemens empruntés aux ordonnances d'architecture : ainsi dans ces ouvrages, comme dans tous ceux du même genre, les arêtes saillantes des bâtis, des battans et des traverses, peuvent être façonnées en moulures, de manière à former un encadrement plus ou moins riche autour des panneaux, frises et pilastres qu'ils dessinent. On donne aux encadremens formés de la sorte, le nom de *compartimens à petits cadres*. Figures 7, 9 et 10, Détail 8.

Pour procurer plus de grandeur et de relief à ces ornemens, dans certaines occasions, l'art a été conduit à augmenter l'épaisseur des bâtis afin de pouvoir faire détacher les encadremens en saillie sur les champs des compartimens; mais comme cet appareil entrainait beaucoup de façon et une trop grande perte de matière, on imagina ensuite de rapporter à rainure et languette autour des panneaux, et en embrèvement avec les bâtis, de véritables cadres plus épais que ces derniers. Le résultat qu'on se proposait d'obtenir, et qu'on obtint en effet de cette disposition, lui fit donner le nom de *compartiment à grand cadre*. Figure 9, Détails 9, 10, 11 et 12.

Les cadres embrevés s'assemblent de deux manières : la première est de les couper simplement d'onglets, et de retenir le joint par une espèce de petite clef, nommée *pigeon*. Détails 9 et 10.

La seconde, et la meilleure, est de les assembler à tenons et mortaises, ou en enfourchement de toute la largeur du cadre, ce qui est préférable aux tenons épaulés, parce que le cadre se trouve maintenu dans toute sa largeur. Détail 11.

Les embrèvemens ou rainures, qui reçoivent les cadres, doivent être peu profonds, afin de moins affaiblir les joues de ces derniers; c'est pourquoi on ne leur donnera que 3 à 4 lignes de profondeur, leur épaisseur sera des deux septièmes de celle des bâtis. Détail 12.

Dans les ouvrages à deux paremens comme les portes intérieures,

il arrive quelquefois, par suite de certaines dispositions, que la distribution des compartimens ne correspond pas exactement d'une face à l'autre, ce qui donne lieu à des assemblages compliqués que l'on désigne en menuiserie sous le nom de *flottages* ou d'*assemblages flottés*. Toutes les difficultés de ce genre se trouvent réunies dans deux des portes de l'église de Sainte-Geneviève, dont mon fils a particulièrement dirigé l'exécution : ce sont celles qui ferment l'entrée de l'église du côté de l'escalier qui conduit à la chapelle souterraine, où sont déposées les cendres de Germain Soufflot, auteur de ce beau monument.

Les Figures 9 et 10 de la Planche CXLI, font voir les deux faces de ces portes, faites en bois de chêne choisi; elles ont 13 pieds 6 pouces de hauteur sur le plus grand côté (2 mètres 304 millimètres), sur 7 pieds 2 pouces de largeur (2 mètres 491 millimètres), compris les deux montans sur lesquels elles sont assemblées. Les bois des battans et des traverses ont été pris dans des battans de porte cochère de 4 pouces d'épaisseur.

Au reste, les Détails 14, 15, 16 et 17, placés au bas de cette figure, ne présentent rien qu'il ne soit facile d'expliquer à l'aide de tout ce qui a été dit au sujet des assemblages dans les chapitres qui précèdent, c'est pourquoi nous croyons ne devoir rien ajouter à la description graphique

---

TROISIÈME SECTION.

MENUISERIE DES OUVRAGES D'ÉGLISES.

En substituant la pierre au bois, dans la construction des édifices il en est résulté, ainsi que nous l'avons dit précédemment, des ouvrages plus durables; mais après avoir assuré les productions de l'art de bâtir contre les intempéries des saisons, l'homme eut ensuite à protéger sa propre existence contre les infirmités qu'engendrent l'humidité et la fraîcheur de la maçonnerie. Les Romains, qui n'apportaient pas moins d'attention à tout ce qui pouvait concourir à la salubrité qu'à l'agrément des habitations, eurent recours, dans certains cas, à divers appareils ingénieux, dont Vitruve nous a conservé la description, et dont quelques exemples subsistent encore [1]. Du reste, comme sous l'influence du beau ciel de l'Italie, ces inconvéniens ne devaient pas être, en général, de longue durée, les tapis, les tentures ou le feu durent suffire la plupart du temps pour assainir les lieux momentanément imprégnés de l'humidité atmosphérique; aussi, ne voit-on pas qu'ils aient jamais recouvert les planchers et les murs, d'autre chose que de mosaïques et de stucs dans l'intérieur même de leurs appartemens [2].

Si, au milieu de tous les secours dont nous sommes environnés dans nos demeures, les revêtemens de menuiserie nous paraissent nécessaires pour nous préserver du contact du marbre et de la pierre, ces ouvrages peuvent être considérés comme absolument indispensables dans ces vastes monumens qui, comme nos églises, doivent être constamment habités par les prêtres, sans qu'il soit possible d'en adoucir la température. C'est à la nécessité dans laquelle l'art s'est trouvé de faire figurer la menuiserie dans l'ordonnance intérieure des édifices sacrés, tant pour l'utilité que pour la décoration, que nous devons de connaître jusqu'à quel point la perfection peut atteindre en ce genre

[1] Vitruve, Livre VII, Chapitre IV, *de politionibus in humidis locis*. Voyez tome 2, Livre IV, pages 304 et suivantes, la traduction de ce passage et les notes qui l'accompagnent

[2] Voyez les ruines de Pompéi, par M. Mazois.

CHAPITRE PREMIER.

DES CHAPIERS ET AUTRES ARMOIRES.

Les chapiers sont de grandes armoires à l'usage des sacristies; elles présentent une disposition particulière qui mérite d'être décrite dans tous ses détails. Voyez la Planche CXLII.

Leur largeur est de 11 pieds sur 5 pieds et demi de profondeur, et 3 pieds 3 pouces et demi de hauteur; ils sont garnis à l'intérieur de tiroirs demi-circulaires, dont le diamètre est de 10 pieds et demi sur environ 3 pouces de profondeur. Le fond, qui est à claire-voie, est formé par des traverses de 2 pouces de large qui se recroisent à angles droits pour former des vides de 6 pouces en carré, Figure 2; elles sont emmanchées dans une courbe ou cerce de 7 à 8 pouces de largeur sur 1 pouce d'épaisseur. Ce fond excède la circonférence du tiroir de 2 pouces.

Au pourtour, et sur le plat de cette cerce, à 2 pouces du dehors, sont assemblés 7 ou 8 montans marqués A de 3 à 3 pouces et demi de hauteur sur 9 à 10 lignes d'épaisseur par le haut, et 15 à 16 par le bas, afin de pouvoir y faire un double tenon pour plus de solidité.

Aux deux côtés de ces montans sont des rainures de 4 à 5 lignes de largeur, qui correspondent à une autre rainure creusée au pourtour de la cerce, pour recevoir les courbes qui forment le côté cintré du tiroir.

Le devant est fait d'une forte planche ou membrure de 2 pouces et demi d'épaisseur sur 3 pouces de hauteur depuis le fond.

Au milieu B de cette devanture est percé, dans toute sa hauteur, un trou d'un pouce de diamètre, qui se trouve au milieu du diamètre du tiroir.

On garnit ce trou d'un canon de cuivre formant un rebord carré à ses extrémités, pour le fixer en dessus et en dessous du tiroir avec des vis, après avoir entaillé le bord de son épaisseur, Figures 8 et 9, afin e former une surface unie.

Au travers de ces trous pratiqués au milieu de la face de chacun des tiroirs, on fait passer un axe de fer bien arrondi, autour duquel ils doivent tourner pour sortir en dehors.

Chaque tiroir est séparé par une plaque ou rondelle de fer de 2 ou 3 lignes d'épaisseur, percée d'un trou rond, pour l'enfiler dans l'axe

afin d'isoler les tiroirs. On fait ces rondelles en fer, pour rendre le mouvement plus doux en tournant sur les rebords en cuivre des canons et les rendre moins susceptibles de s'user. Les Figures 1, 2, 3 et 4 représentent le plan, l'élévation, la coupe du chapier, et une perspective qui fait voir la manière dont ces tiroirs s'ouvrent.

Les Figures 5, 6 et 7 indiquent le détail des assemblages des tiroirs avec leurs ferrures.

Il y a deux manières de soutenir la circonférence des tiroirs. La première est de poser six montans au pourtour, assemblés dans le chapier: on les garnit de poulies, ainsi que les pieds de devant du chapier, sur lesquelles doivent rouler les tiroirs (on en voit le détail Fig. 6 et 7). Ce moyen, outre qu'il est fort coûteux, demande, de la part des ouvriers, beaucoup de précision et de soins dans l'ajustement; sans cela, les tiroirs sont rudes ou difficiles à mouvoir et sujets à se déranger pour peu qu'on les force. Pour éviter en partie ces inconvéniens, il faudrait que les poulies fussent un peu coniques et tendantes au centre du tiroir, afin de porter dans toute leur épaisseur, et qu'elles usent moins le bois. Pour une plus grande perfection, l'axe de ces poulies devrait être mobile, en diminuant de grosseur, pour être aussi conique; et, pour qu'elles ne fussent pas dans le cas de se détacher des montans de bois, il faudrait les arrêter sur des plates-bandes de fer ajustées sur ces montans, Figures 5, 6 et 7.

La grande dépense qu'occasione la ferrure ordinaire a fait imaginer un autre moyen qu'on appelle à *coulisseaux*, qui n'en exige aucune.

On place ces coulisseaux de manière qu'ils excèdent le bâti de 2 pouces pour porter les tiroirs. L'épaisseur de ces coulisseaux est de 2 à 2 pouces et demi; on les assemble à tenons dans les pieds de devant du chapier et les montans intérieurs sur lesquels ils passent en enfourchement; c'est pourquoi il faut observer de tenir un des coulisseaux plus long de 2 pouces que l'autre, et pour les maintenir on place des *taquets* ou *mentonnets* au-dessous des joints, ainsi qu'aux pieds de devant, Figures 10 et 12.

Il faut que le dessus de ces coulisseaux soit bien uni et de niveau, afin que le frottement soit le plus doux possible; et pour faciliter encore plus le mouvement, on arrondit le dessus du coulisseau et le dessous des tiroirs, pour qu'ils ne se touchent presque qu'en un point.

La largeur de ces coulisseaux doit être de 4 pouces et demi à 5 pouces. Les montans ne sauraient avoir moins de 2 pouces d'épaisseur.

Le derrière des montans, ainsi que des coulisseaux, doit être rainé, pour recevoir des planches minces que l'on place couchées sur le côté, Figure 11.

Le bâti des chapiers doit se faire en bois de 2 pouces, avec panneaux en compartimens.

Lorsqu'il est isolé, on peut pratiquer des portes pour profiter de la place que laissent les parties circulaires.

Les montans qui portent les tiroirs doivent être disposés de manière que de deux en deux il s'en trouve un qui porte de fond, c'est-à-dire, sur le carreau de la sacristie.

Le dessus des chapiers se fait en bois d'un pouce et demi d'épaisseur, emboîté des deux bouts avec deux ou trois clefs sur la longueur des joints, on pourrait aussi le faire en forme de parquet.

Les chapiers ne doivent pas poser sur le carreau, mais être élevés de 5 à 6 pouces, afin que l'air passe dessous. D'ailleurs, cette élévation est nécessaire pour placer au-devant un marche-pied de 2 pieds à 2 pieds et demi de large, qui doit régner en avant de toutes les armoires de sacristies.

Les chapiers sont fermés sur le devant par deux portes brisées comme des volets, ferrées aux deux montans de face; comme ces portes ont beaucoup de développement, on peut les fortifier à l'intérieur par des barres à queue placées diagonalement.

Lorsqu'on veut faire usage des tiroirs d'un de ces chapiers, on les soutient par deux poteaux marqués C, de 3 pouces carrés de grosseur, qui se placent en avant dans des trous faits exprès dans le pavé, Figures 2, 3 et 4. Ces poteaux sont garnis de poulies à la hauteur de chaque tiroir, mais souvent ces poteaux, qui ont peu de stabilité, déversent; ce qui fait échapper le tiroir et peut le faire forcer : c'est pourquoi il vaudrait mieux ajuster, sur un petit patin, des poteaux avec des contre-fiches; alors, au lieu de trous carrés qui sont désagréables à voir et quelquefois dangereux, on ferait de petites crapaudines en cuivre dans lesquelles entreraient trois goujons en fer de 5 à 6 lignes de grosseur, placés sous les patins de chaque poteau[1].

[1] Dégoûtés par le service difficile du chapier à tiroirs, MM. les desservans de la cathédrale de Dijon chargèrent M. Saintpère, architecte de cette ville, d'étudier un mécanisme

Il y a une autre manière beaucoup plus simple et moins coûteuse de faire des chapiers.

On forme une armoire de 8 à 9 pieds de largeur sur environ 7 pieds de haut, dans laquelle sont posées des potences tournantes sur lesquelles on pose les chapes ployées en deux; c'est pourquoi on leur donne 5 pieds à 5 pieds et demi de saillie, et autant de hauteur.

Ces potences sont posées à pivots dans le fond de l'armoire; elles sont disposées de manière qu'on puisse les ouvrir et les fermer indépendamment les unes des autres, et qu'elles puissent même s'ouvrir toutes à la fois, si cela est nécessaire. Cette manière de faire les chapiers est très-commode; elle tient beaucoup moins de place que celle à tiroirs; les chapes s'y conservent mieux, sont moins sujettes à se froisser, surtout quand elles sont d'étoffes épaisses ou richement brodées. Les Figures 13 et 14 représentent un de ces chapiers dont toutes les potences sont disposées comme elles doivent l'être en plan et en élévation.

Cette manière de suspendre les chapes peut aussi servir pour les tuniques et les chasubles, en faisant usage de porte-manteaux attachés à des tringles de fer, ainsi qu'on le pratique pour les armoires des garde-robes. La Figure 15 indique la forme des porte-manteaux pour les tuniques, et la Figure 16 celle pour les chasubles.

Il y a d'autres armoires d'appui pour les chasubles et autres orne-

qui pût leur permettre d'en continuer l'usage. C'est pour remplir ce but qu'il a imaginé le moyen représenté par les différentes Figures de la Planche CXLIII, qui nous paraît fort ingénieux, et qu'il nous semble d'autant plus utile de publier, qu'il peut contribuer à perpétuer l'usage des chapiers à tiroirs, et s'appliquer parfaitement à tous ceux établis d'après la méthode ordinaire.

On a vu précédemment que les tiroirs, formant un demi-cercle, pivotaient sur un axe commun auquel ils étaient assujettis par leur centre. Jusqu'ici on n'avait pas fait attention qu'en donnant à cette ferrure une force convenable, elle était susceptible de recevoir et de maintenir à elle seule le poids et la portée des tiroirs. C'est ce qu'a parfaitement senti M. Saintpère. Pour y parvenir, il a armé le dessous de ses tiroirs d'une ferrure à branches qu'il nomme *pate d'oie*; ces branches sont renforcées depuis leur extrémité à la circonférence jusqu'au centre, où elles se réunissent à une forte douille. C'est par cette douille que les tiroirs s'enfilent à une tige en fer tournée et trempée, solidement maintenue haut et bas, autour de laquelle ils sont suspendus comme un plateau, et tournent avec la plus grande aisance.

Sur la Planche que nous en avons dressée d'après le dessin de M. Saintpère, nous avons joint des notes explicatives de tous les détails, mis en mesure sur des échelles proportionnelles.

mens de moyenne grandeur. Leur largeur doit être de 4 pieds au moins sur 2 pieds et demi de profondeur.

Il y en a qui sont garnies de tiroirs dans lesquels on place les ornemens ; d'autres ne contiennent que des tablettes à claire-voie, ajustées sur des coulisseaux. Leur distance varie de 4 à 8 pouces, en raison des ornemens qu'elles doivent contenir.

Au-dessus des armoires d'appui, on en place d'autres qui sont de deux espèces ; les unes pour les sacristies des messes, et les autres pour celles appelées trésors.

Celles pour les sacristies des messes ne doivent pas avoir plus de 2 pieds de haut sur 15 à 18 pouces de largeur, leur usage n'étant que pour serrer les calices. Au-dessous sont des tiroirs pour les linges et autres objets de peu de volume : il faut, autant que possible, que chaque prêtre puisse avoir son armoire particulière et le tiroir au-dessous.

Les autres armoires pour les sacristies ou trésors servent à serrer l'argenterie, le linge, la cire et autres effets. Toutes ces armoires doivent être très-solides, d'une décoration simple et noble, avec des panneaux arasés en dedans.

La Figure 17 représente une armoire de ce genre, vue de face et de profil, avec l'indication de tous les assemblages.

CHAPITRE DEUXIÈME.

DES STALLES ET CONFESSIONNAUX.

Des stalles.

Les stalles, qu'on nommait autrefois *formes d'église*, sont des gradins[1] de menuiserie en forme de siéges, disposés dans les chœurs pour l'usage des ecclésiastiques pendant le service divin, et pour celui du public dans plusieurs circonstances. Les stalles servent non-seulement comme siéges, mais aussi comme appuis pendant certains passages des offices où les assistans doivent se tenir debout; en sorte que, sous le rapport de l'utilité, le point essentiel consiste dans la justesse de leurs dimensions qui, au reste, sont invariables comme les proportions moyennes du corps humain qui leur servent de base. Relativement aux détails de leur construction, il serait presque impossible aujourd'hui d'apporter quelque modification utile à ceux qu'on trouve dans Roubo, et qu'il a tirés des plus beaux ouvrages en ce genre.

Les divisions des stalles sont formées par des espèces de consoles doubles, appelées *parcloses*, Figures 1, 2, 3, 5 et 21, Planche CLIV, dont le dessus sert d'appui. Les menuisiers désignent ces sortes d'accoudoirs par le nom de *museaux*, à cause de leur forme singulière; on donne 3 pieds 3 pouces de hauteur à ces accoudoirs, afin de pouvoir s'y appuyer commodément lorsqu'on est debout.

La largeur de chaque stalle, mesurée du milieu d'un museau à l'autre, est depuis 22 pouces jusqu'à 25[2]. Celles de l'église de Notre-Dame de Paris, qui sont très-commodes, ont 2 pieds de largeur du milieu d'un museau à l'autre.

La hauteur du dessus du siége S, Figures 1, 2, 3, 4 et 5, qui est mobile, doit être, lorsqu'il est baissé pour s'asseoir, de 16 pouces et demi; il porte en dessous une saillie en forme de cul-de-lampe. Lorsque le siége est levé, la hauteur du dessus de ce cul-de-lampe M, mêmes Figures, sur lequel on se soutient quand on est debout, doit être de

[1] Dans les premières basiliques chrétiennes ces gradins étaient de pierre et de marbre, comme ceux des amphithéâtres; on en voit encore aujourd'hui de cette matière dans quelques anciennes églises d'Italie.

[2] La première de ces dimensions n'est guère admissible que pour les chœurs de religieuses.

26 pouces. On donne à ce siége relevé le nom de *miséricorde*, sans doute parce qu'il a été imaginé pour soulager le clergé, qui récite la plus grande partie de l'office debout.

Les appuis qui terminent le fond des stalles sont des pièces d'environ 2 pouces d'épaisseur, formant couronnement des deux côtés lorsque les stalles sont isolées. Les arêtes de dessus, qui sont à la portée de la main, sont arrondies; en dessous règne ordinairement un talon sans filet, élégi dans la masse. Lorsque les stalles du haut ne sont pas isolées, et qu'il se trouve un lambris au-dessous, la largeur de cette pièce est d'environ 4 pouces; si l'appui est isolé, on lui donne 5 pouces de largeur.

On donne à l'appui des stalles basses, qui sont toujours isolées, 6 à 7 pouces de largeur, afin qu'on puisse y déposer un livre.

Les museaux qui s'assemblent dans ces appuis, ont 6 pouces dans leur plus grande largeur, et 3 pouces et demi dans la plus petite, sur même épaisseur que les appuis. Le profil usité est une forte astragale par le haut et par le bas, un talon avec filet saillant qui se raccorde avec celui des appuis; mais comme l'astragale et le filet saillant pourraient incommoder, on les fait perdre dans la partie circulaire qui se raccorde avec le fond, en les adoucissant au point de se confondre avec la face plate de l'appui. Ce raccordement demande à être fait avec adresse, pour ne pas produire un mauvais effet. Au reste, on peut ajuster un profil qui n'ait pas besoin de cet expédient.

Les appuis s'assemblent à rainures et languettes avec les dossiers des stalles et le double lambris qui est derrière, Figures 15, 16, 17, 18, 19 et 20. Les parties formant museau s'assemblent, avec les appuis et les pareloses ou doubles consoles qui forment les séparations des stalles, en coupes avec tenons et mortaises, rainures et languettes de 8 à 10 lignes de largeur, comme on le voit détaillé par les Figures 8 et 9.

La Figure 7 indique un moyen géométrique de tracer le contour des museaux, et leur raccordement avec l'appui du dossier.

Ayant divisé la longueur AD en trois parties égales, du point B de la première division, en partant de l'alignement du profil du fond, on mènera une parallèle indéfinie, sur laquelle on portera de B en E le huitième de AD, et AB de E en F; par ce dernier point, on tirera une parallèle à AB, pour indiquer le raccordement du dossier avec la partie la plus étroite du museau, au moyen d'un quart de cercle EG, dont le centre est en F. Ayant porté ensuite le tiers de BD de D en H, on dé-

crira un cercle avec HD pour rayon; ayant ensuite porté le rayon HD de E en I, on a tiré HI, et sur le milieu on a élevé une perpendiculaire qui rencontre BF prolongée en K; et après avoir tiré HK, on a décrit du point K l'arc de raccordement EL avec la courbure du fond et l'arrondissement du museau par-devant.

Le raccordement des moulures avec la face de l'appui, se fera en portant les saillies de F en 1, 2, 3, pour décrire de chacun de ces points des quarts de cercle avec le rayon FG.

Les parcloses sont, comme nous l'avons déjà dit, des espèces de consoles qui forment la division des stalles. Elles se font chantournées sur le devant, en deux pièces sur la largeur, pour former la profondeur des stalles; on y emploie des membrures, ou des bois de 2 pouces d'épaisseur assemblés à rainures, languettes et clefs. Par le haut, on leur fait porter deux tenons réunis par une languette de 8 à 10 lignes d'épaisseur, Figures 8 et 21, afin de s'assembler plus solidement avec le dessus formant museau.

Par le bas, la pièce joignant le dossier porte un tenon passant, qui doit traverser le sommier qui forme le fond des siéges. Dans la largeur du tenon passant on pratique une mortaise de 6 à 8 lignes de large, dans laquelle on fait entrer une clef qui sert à faire joindre la parclose sur le sommier, et à la fixer solidement.

Dans l'autre pièce de parclose formant console, on entaille deux tasseaux en forme de cimaises, assemblés à queue d'aronde dans l'épaisseur de la parclose, Figure 21; sur le devant, on rapporte à bois de fil, un bout de cimaise assemblé en onglet pour cacher les queues d'aronde. On ravale dans l'épaisseur du bois les moulures et ornemens qui doivent décorer les parcloses.

Les sommiers sont des pièces marquées B, Figure 3, de 6 pouces de large sur 3 pouces d'épaisseur, sur lesquelles s'assemble le fond des parcloses, au moyen des mortaises à jour pour recevoir leurs tenons passans, dont il a été ci-devant question; elles sont rainées en dessus pour recevoir le dossier, et en dessous pour le soubassement des siéges. Cette pièce porte sur le devant une feuillure de 13 à 14 lignes sur 8 de largeur, pour les siéges mobiles qui se ferrent dessus. Les siéges mobiles S se font avec des planches unies de 10 pouces de largeur sur 13 à 14 lignes d'épaisseur; leur longueur est déterminée par la largeur des stalles, en laissant environ une ligne de jeu. On rapporte en dessous

des espèces de culs-de-lampe E qui forment les faux siéges appelés miséricordes. Leur saillie est de 5 à 5 pouces et demi sur 18 pouces de longueur, et 9 à 10 pouces de largeur ou hauteur, prise dans le milieu. Le dessous est orné de moulures, avec des ornemens de sculpture sur le cul-de-lampe, qui est apparent lorsque le siége est levé. Le dessus de ces faux siéges doit plutôt pencher en avant lorsqu'ils sont levés, que d'être de niveau, et ils ne doivent jamais pencher en arrière. Le massif de ces culs-de-lampe est ordinairement collé à plat joint, avec des clefs en queues d'aronde, et le dessus formé par une planche rapportée, comme on le voit indiqué par la Figure 3.

Il faut éviter d'orner les dossiers des siéges de panneaux à grands cadres, pour ne pas blesser le dos, ou couper le linge des ecclésiastiques. On pourrait, au lieu de panneaux renfoncés, former des panneaux saillans, dont les arêtes seraient arrondies dans le genre des coussins dont on garnit le dos des fauteuils avec des moulures à petits cadres, ainsi qu'on le voit représenté par la lettre C de la Figure 1.

Les soubassemens des stalles se font avec de petits panneaux embrevés dans les patins et le dessous du sommier entre les deux consoles: souvent on se contente d'un panneau renfoncé sans moulures autour.

Les *patins* sont des espèces de plinthes indiquées par C, Figures 3, 10, 11, 12, 13 et 14, de 2 pouces de haut sur autant d'épaisseur, qui servent de base à tout l'ouvrage; ces patins règnent dans toute la longueur des stalles, ou les rallonge à trait de Jupiter; ils sont rainés pardessus pour recevoir les soubassemens. Au bas de chaque console on assemble de petits patins saillans de 4 pouces, Figures 10 et 12. Les moulures de ces patins sont poussées à bois de bout; c'est pourquoi il faut choisir, pour les faire, du bois bien plein. Chacun de ces patins est percé d'une mortaise dans laquelle entre un tenon pratiqué dans le pied de la console inférieure des parcloses.

Le derrière des stalles du bas, ainsi que celles du haut lorsqu'elles se trouvent isolées, peut être décoré avec des panneaux à grands cadres, et des pilastres à cadres simples au droit des parcloses formant consoles.

Lorsque dans les chœurs il y a deux rangs de stalles placés l'un au devant de l'autre, les stalles du second rang qui sont plus élevées que les premières, sont appelées stalles hautes, et les autres stalles basses. Figure 1, Planche CXLV.

Dans les chœurs qui ont une largeur suffisante, on élève les stalles basses sur un marche-pied saillant, ainsi qu'on l'a observé au chœur de Notre-Dame et ailleurs; cette disposition procure plus de grâce à l'ensemble et contribue en même temps à la conservation de l'ouvrage, en isolant les bois du contact des pavemens de pierre et de marbre; elle est aussi plus saine pour les ecclésiastiques.

Les stalles hautes doivent être élevées de 13 à 14 pouces au-dessus de celles du bas, afin que les sommiers de ces dernières posent sur le bord du plancher supérieur, ce qui les empêche de déverser en arrière.

La largeur du plancher du bas, ou marche-pied, doit être de 18 pouces au moins, pris du nu de devant des stalles, à moins toutefois que l'on ne soit gêné par la largeur.

Les stalles du haut doivent être espacées de manière qu'il y ait 3 pieds de passage entre elles et celles du bas; ainsi le plancher aura 3 pieds de largeur, plus ce qui sera caché sous les armoires qui sont derrière les stalles du bas, et la saillie de celles du haut, ce qui fait environ 5 pieds de largeur. Il faut aussi observer, quand on fera les planchers en parquet, que leur compartiment ne commence que du nu des armoires au devant des patins, afin que rien ne se trouve caché.

Lorsque les stalles sont en grand nombre, et que les issues des extrémités ne suffisent pas pour monter au rang supérieur, on pratique un ou plusieurs passages dans le rang inférieur, comme il est indiqué dans la Figure 1, en raison de l'étendue du chœur, en observant qu'il ne se trouve jamais moins de neuf stalles entre deux passages.

Les dernières stalles de chaque rang, tant aux extrémités qu'au droit des passages, se terminent par une demi-console appliquée contre un pilastre, ainsi qu'on le voit représenté en plan, en élévation et sur le profil, par les Figures 2, 3, 6, 9 et 11.

Dans les chœurs de forme parallélogrammique, la division des stalles est la même pour les deux rangs de stalles, en sorte qu'elles se trouvent placées vis-à-vis l'une de l'autre, ce qui est la meilleure disposition possible; mais il ne saurait en être de même lorsque le chœur est compris dans une demi-circonférence de cercle, ainsi qu'on peut le voir par la Figure 6 de la Planche CXLV.

La largeur des chœurs est rarement assez grande pour qu'on puisse donner 3 pieds aux passages qui règnent entre les hautes et basses stalles, il arrive alors que les retours en quart de cercle ne peuvent

contenir que quatre stalles, et que les stalles basses se joignent à angle droit, comme on le voit dans la Figure 8.

Les stalles se posent sur un bâti de charpente, ou pour mieux dire de grosse menuiserie, puisqu'il est nécessaire que toutes les pièces qui le composent soient bien dressées et coupées justes à la forme et grandeur des stalles. Les bois de ce bâti doivent avoir 4 pouces en carré au moins, pour les pièces principales; les solives ou lambourdes qui portent les planchers pouvant être plus minces, pourvu que, posées de champ, leur hauteur soit la même.

Ce bâti est porté par d'autres pièces placées sur le pavé, et dans lesquelles vont s'assembler les montans qui soutiennent le bâti du plancher supérieur ; ces montans doivent être espacés de manière à ne pas se rencontrer dans l'assemblage des lambourdes, afin de ne pas affaiblir la pièce qui les porte. Les lambourdes doivent aussi être distribuées de manière qu'elles portent les patins des stalles tant droites que cintrées, lorsqu'il s'en trouve de ces dernières. Figures 2, 3 et 5.

On doit aussi avoir soin que le derrière du bâti soit à l'aplomb de celui des stalles du haut, afin que le poids, tant de ces dernières que des lambris qui peuvent être posés dessus, ne soit pas en porte-à-faux sur les lambourdes, et n'occasione pas la rupture des tenons sur lesquels elles s'appuient.

Le devant du bâti doit venir jusqu'au derrière des tenons qui entrent dans les sommiers des stalles d'en bas, en y laissant toutefois un peu de jeu, afin de ne pas être gêné dans la pose. Les autres particularités relatives à la pose et à la construction des stalles, s'expliquent assez par les Figures, pour que nous nous croyions dispensés d'entrer dans un plus grand détail à ce sujet.

DES CONFESSIONNAUX.

Les confessionnaux n'ont pas toujours eu la forme qu'on leur voit aujourd'hui; dans les premiers siècles de l'ère chrétienne le pénitent s'asseyait simplement à côté du prêtre, dans un lieu retiré de l'église. C'est au besoin d'écarter tout danger des prêtres et des fidèles, pendant les longues stations que nécessite l'accomplissement des devoirs religieux, dans nos églises modernes, que ces ouvrages doivent leur invention. Assujettis, pour la grandeur, comme les stalles, aux

proportions moyennes du corps de l'homme, les dimensions des confessionnaux sont partout les mêmes; mais c'est à peu près la seule ressemblance qu'ils présentent entre eux.

Dans le principe, un confessionnal n'est autre chose qu'un siége ou tribunal, avec un prie-dieu de chaque côté pour la confession auriculaire, le tout monté sur un marche-pied. Considérés indépendamment de toute décoration, c'est un des ouvrages les plus simples de la menuiserie d'église; mais comme, sous le rapport du goût, chacun a traité jusqu'ici ce meuble à sa manière, il en résulte qu'il n'existe pas, comme pour les stalles, au milieu de toutes les variantes, un modèle plus particulièrement adopté que l'on puisse citer pour exemple. Tout ce qu'on peut dire à ce sujet c'est qu'en général, pour les confessionnaux, comme pour les autels, bancs d'œuvre, porches, et autres ouvrages d'église, chaque dessin exige une étude particulière; mais qu'il ne peut jamais s'en rencontrer dont il ne soit facile d'interpréter la construction à l'aide des détails dans lesquels nous sommes entrés sur les divers ouvrages de menuiserie, et principalement au Chapitre qui traite des décorations d'architecture.

CHAPITRE TROISIÈME.

DES BUFFETS D'ORGUES ET DES CHAIRES.

Des buffets d'orgues.

On distiugue trois espèces de buffets d'orgues; de grands, de moyens et de petits. Les grands comprennent trois parties, savoir : le pied ou massif, la montre qui est au-dessus, et le positif qui est en avant.

Le pied ou massif A, Planche CXLVI[1], est un corps de menuiserie décoré de panneaux et de pilastres qui sert à élever la montre. C'est dans la hauteur de ce massif que sont placés les claviers à pédales, les claviers à main, les registres, les abrégés, ainsi que tout le mécanisme pour faire jouer l'instrument. Ce massif, qui sert de soubassement à toute la face de l'orgue, ne doit pas avoir plus des deux tiers de la hauteur des moyennes tourelles de la montre qui doit dominer.

La montre se compose de tourelles B de différentes hauteurs séparées par des arrière-corps moins élevés, auxquels on donne le nom de plates-faces. Le tout est garni de tuyaux apparens en étain poli qui en font le principal ornement. Les tourelles, qui sont circulaires en plan, doivent saillir au devant des bâtis des $\frac{1}{7}$ de leur largeur ou diamètre, c'est-à-dire, que leur centre doit être en avant d'un septième de diamètre.

La corniche C qui termine le massif d'un buffet d'orgues, doit régner autour des tourelles pour leur servir de base; le dessous au droit de chaque tourelle est terminé par un cul-de-lampe D. Le haut des tourelles est décoré par une espèce d'entablement E, avec un amortissement au-dessus, surmonté de vases, de figures ou d'attributs de musique.

Les plates-faces qui contiennent des tuyaux de longueurs inégales, se raccordent avec les tourelles par des contours en consoles et des ornemens qui sont entièrement à la disposition du goût de l'artiste.

Dans les plates-faces, comme dans les tourelles, on cache les bouts des tuyaux avec des ornemens découpés qu'on appelle *claire-voie.*

[1] Cette Planche présente les détails d'un buffet d'orgues, tiré de l'*Art du Menuisier*, par Roubo, afin de faire connaître toutes les parties dont cet instrument se compose, mais non pour servir de guide sous le rapport de la décoration.

Les corniches sont continuées sur les côtés. Le derrière est un compartiment simple de panneaux et de traverses avec des portes dans toute la longueur, qui correspondent aux compartimens du haut. A la hauteur de ces portes, on place en saillie une espèce de pont F pour communiquer à ces portes et travailler dans l'intérieur.

Les buffets d'orgues exigent plus de solidité que les autres ouvrages de menuiserie, parce que le moindre ébranlement peut déranger le mécanisme de l'instrument. Les épaisseurs des bois qui forment le bâti ou carcasse doivent être de 2 ou 3 pouces pour les petits buffets d'orgues, de 4 à 5 pouces pour les moyens, et de 5 à 6 pouces pour les grands. Les montans au droit des tourelles doivent descendre jusque sur le sol de la tribune où l'orgue est placé, assemblées avec des traverses en entre-toises et en contre-fiches comme dans la charpente. Il faut placer à la hauteur de l'architrave et de la corniche du massif, de grandes traverses qui doivent former, autant qu'il est possible, toute la longueur de l'orgue; si on ne peut pas les faire d'une seule pièce, on les assemblera à trait de Jupiter. Du côté du derrière de l'orgue on en place une autre afin de maintenir plus solidement toutes les parties des assemblages.

Il serait superflu d'entrer dans un plus grand détail relativement aux assemblages. D'après ce qui a été dit précédemment, il ne peut y avoir de particularité qu'en raison de la forme et du dessin, qui dépendent du goût de celui qui en est chargé.

Comme les orgues se composent de tuyaux de différentes grandeurs et grosseurs en étain poli, qui peuvent faire ornement et caractériser l'instrument, il s'agit de les arranger de manière à former un ensemble agréable qui ne puisse pas gêner le jeu de l'instrument.

Les formes de tourelles et des plates-faces employées jusqu'à présent ne sont pas les seules dont on puisse faire usage dans la composition de cet instrument; d'autant plus que la montre peut contenir quelques tuyaux de plus dont on ne fait pas usage, ou quelques tuyaux qui ne soient pas apparens. Il paraîtrait plus convenable d'adopter des formes qui caractérisent l'instrument, que des décorations d'architecture qui le rendent souvent méconnaissable.

Des chaires à prêcher.

Ce sont des espèces de tribunes élevées où les prédicateurs montent pour débiter leurs sermons. L'usage le plus ordinaire est d'appliquer les chaires aux piliers des églises auxquels elles paraissent suspendues, avec des espèces de dais on abat-voix au-dessus, et des escaliers tournans (ou en S) pour y monter.

Les chaires sont ordinairement un des ouvrages les plus importans de la menuiserie, tant pour la forme, qui est toujours recherchée, que pour l'exécution, qui exige beaucoup de pureté et de perfection.

Le dessous des chaires se termine ordinairement en cul-de-lampe avec de fortes moulures formant le soubassement de la chaire proprement dite.

La grandeur des chaires, à l'extérieur, varie depuis 3 pieds et demi jusqu'à 4 pieds et demi et même cinq pieds, mais celle qui convient le mieux est 4 pieds. Le plancher doit être élevé de terre de 6 à 7 pieds, la hauteur de l'appui est de 2 pieds et demi; ce qui fait 8 pieds et demi à 9 pieds et demi depuis le pavé.

Le dais ou abat-voix doit être à 5 pieds du dessus de l'appui, et excéder le dedans du corps de la chaire d'un demi-pied, au moins, tout autour.

La forme la plus convenable pour les chaires est celle de l'octogone, avec des avant-corps et des faces droites ou cintrées.

Les chaires à prêcher qui passent pour être les plus belles à Paris sont celles : de Saint-Étienne-du Mont, de Saint-Gervais, de Saint-Thomas-d'Aquin, de Saint-Roch, de Saint-Jacques-du-Haut-Pas. Mais ces ouvrages de sculpteurs, de peintres ou de menuisiers, n'ont ni la pureté, ni la dignité qui leur convient. Au lieu d'être suspendues à des piliers, elles devraient porter de fond sur un soubassement qui les élève à une hauteur suffisante. Lorsqu'on ne peut pas les adosser à un fond, il faut les faire isolées et portatives comme celle de Notre-Dame, ou de Saint-Pierre de Rome qui peuvent servir de règle en pareil cas.

CHAPITRE QUATRIEME.

DES DÉCORATIONS D'ARCHITECTURE.

Des colonnes, bases, chapiteaux et entablemens de menuiserie.

Pour faire des colonnes en menuiserie qui ne soient pas susceptibles de se fendre ou de se désunir, il faudra les faire, comme les panneaux cintrés en plan, de plusieurs pièces jointes et collées ensemble, Figures 1, 2, 3 et 4, Planche CXLVII. On placera au milieu un poteau plus ou moins fort en raison du poids qu'elles peuvent avoir à soutenir. On ajustera aux extrémités de ce poteau des pièces appelées mandrins, sur lesquelles on arrêtera celles qui doivent former la circonférence de la colonne, dont le nombre doit être proportionné à son diamètre. Dans les colonnes dont le diamètre n'excède pas un pied et demi, ce nombre peut être de huit, qui forment à l'intérieur un octogone, comme les mandrins sur lesquels elles doivent être arrêtées.

Lorsque le fût doit être uni et isolé tout autour, il est assez difficile d'empêcher les bois de se désunir en se retirant, tels secs qu'ils puissent être; mais si elles sont placées à peu de distance du mur ou fond qu'elles doivent décorer, on laisse un joint un peu ouvert, sans être collé, dans un endroit où il ne puisse pas être vu, sur lequel se porte tout l'effet de retraite et de gonflement des bois, par la refuite qu'on a soin de faciliter aux autres pièces dans leur assemblage.

Si le fût de la colonne doit être orné de cannelures, il vaut mieux que les joints des pièces qui doivent former sa circonférence se trouvent au droit des côtes que dans les cannelures, parce qu'on peut rapporter dessus des tringles qui les cachent.

Lorsque les cannelures sont plates, il est facile de faire les côtes à recouvrement, de manière à cacher le joint, Figure 10; si ces cannelures sont creuses et remplies de baguettes ou roseaux, on pourra faire les joints comme l'indique la Figure 11.

On peut faire les bases de colonnes de deux manières; en plein bois, ou vides dans le milieu. La première manière a cet convénient, que les bases un peu grandes sont sujettes à des fentes, des gerçures, et à une retraite qui fait qu'elles ne s'accordent plus avec les fûts des colonnes

La seconde manière consiste à former les bases comme des fûts de colonne, de plusieurs pièces de bois de bout; ce moyen, quoique plus coûteux, est préférable.

Le socle de la base se fait à part en quatre parties, dont les joints sont selon les diagonales, afin d'avoir du bois de fil sur chaque face. Dans le milieu, on pratique une rainure circulaire pour recevoir la partie qui forme les moulures. Cette partie, formée, comme nous l'avons dit, de morceaux de bois de bout joints et collés ensemble comme ceux du fût de la colonne, doit porter une entaille par le haut pour s'emboîter dans le bas du fût de la colonne, afin de cacher le joint. Voyez les Figures 7, 8 et 9.

Les chapiteaux se forment comme les bases, soit pour les moulures, s'il est toscan, dorique ou ionique; soit pour les feuilles, s'il est corinthien, Figures 5 et 6.

Le tailloir se forme de quatre pièces assemblées selon les diagonales, comme le socle de la base, Figure 9.

Les Figures 12 et 13 représentent deux manières d'exécuter un entablement corinthien en menuiserie.

Toutes les parties qui forment les moulures s'ajustent les unes sur les autres, à rainures et languettes.

L'entablement, Figure 13, est composé d'un plus grand nombre de pièces pour le cas où il serait sur une plus grande échelle, ou formé de bois moins gros. Il faut remarquer qu'il vaut mieux, pour la facilité de l'exécution, faire la face denticulaire d'une pièce séparée à cause de l'évidement des denticules. Quant aux modillons, ils se font à part et se rapportent après. On les assemble à tenons dans la face du fond, et on les arrête sous le soffite avec des clous à vis qui ne paraissent point.

FIN DU LIVRE SIXIÈME

NOTES ADDITIONNELLES

POUR SERVIR A L'EXPLICATION DE PLUSIEURS PLANCHES DONT LES FIGURES N'ONT ÉTÉ QUE MENTIONNÉES DANS LE LIVRE SIXIÈME.

PLANCHES CXXXI ET CXLVII.

Figures 13 *et* 14. *Manière de coller les bois.*

Le collage des bois est une des parties les plus intéressantes de la menuiserie (eu égard à la construction), c'est pourquoi il est nécessaire d'entrer dans un détail très-exact de cette partie.

Faute de trouver des bois d'une grosseur convenable, on est souvent obligé de joindre et de coller ensemble plusieurs morceaux de bois afin de parvenir à faire des masses assez considérables, pour faire soit des figures, soit d'autres morceaux de sculpture, ou même d'architecture. D'ailleurs l'expérience a fait connaître que, quand même on trouverait d'assez grosses pièces, quelque sèches quelles puissent être, elles sont toujours sujettes à se fendre, vu leur inégale densité : le cœur du bois, étant toujours plus plein que les rives, se retire moins, et par conséquent oblige les parties les plus éloignées à se fendre.

C'est pourquoi un massif, composé de plusieurs morceaux joints et collés ensemble, avec toutes les précautions nécessaires, est toujours préférable à un morceau de bois.

Pour qu'un massif de cette espèce soit parfaitement bien fait, et ne fasse aucun effet, il faut d'abord choisir des bois entièrement secs et de même qualité, parce que si on collait ensemble des morceaux d'une inégale densité, il arriverait le même inconvénient qu'à ceux qni sont d'une seule pièce, c'est-à-dire que la pièce qui serait la plus compacte, se retirant moins que l'autre, obligerait celle-ci à se fendre ou à se décoller; ce qui arriverait aussi si les morceaux, quoique d'égale densité, n'étaient pas également secs.

Les bois choisis, il faut encore avoir soin de mettre le côté le plus tendre au milieu de la masse, afin que le bois, venant à se retirer, trouve moins d'opposition de la part des parties dures, lesquelles se trouveront retranchées, du moins en partie, après que la masse aura été sculptée ou même travaillée par le menuisier.

Il faut encore faire en sorte que les fils des différens morceaux qui composent une masse, soient de même sens, ou du moins le plus qu'il sera possible, afin que la colle prenne également dans tous, et les agrafe mieux. Voyez la Figure 13,

Planche CXXXI, qui représente la coupe de deux morceaux de bois joints du côté le plus tendre, et dans le sens de leur fil, ainsi que je viens de le dire.

Quand les masses sont d'une grosseur assez considérable pour que deux morceaux de bois ne puissent suffire, tant pour l'épaisseur que pour la largeur, il faut avoir soin de mettre les joints en liaison, c'est-à-dire qu'ils ne soient pas vis-à-vis l'un de l'autre, afin de donner plus de solidité à l'ouvrage, avec l'attention toutefois de mettre les parties tendres les unes avec les autres, ainsi que je l'ai recommandé. Voyez la Figure 14.

Quand on a pris toutes les précautions pour le choix et la disposition des bois, on commence par les corroyer parfaitement droits de tous les côtés; ensuite, il est bon de les laisser quelque temps en cet état, pour les affranchir entièrement de toute humidité, supposé qu'il en reste, en ayant toutefois égard à la saison dans laquelle on se trouve; en effet, lorsque le temps est humide, il est certain que le bois, au lieu de se sécher, reçoit dans ses pores une partie de l'humidité de l'air.

C'est pourquoi il est bon, dans la saison humide, de laisser les bois corroyés avant de les joindre, non pas exposés à l'air, mais dans quelque endroit sec et fermé, dans lequel il y aurait une chaleur modérée, comme dans les *sorbonnes* et étuves construites d'une manière convenable.

Quand les bois ont été suffisamment à l'air pour qu'ils soient affranchis de toute humidité, on commence par les travailler de nouveau chacun en particulier, en observant de les bien dégauchir et dresser tant sur la largeur que sur la longueur; puis on les présente les uns sur les autres, pour voir s'ils joignent parfaitement. Quand les bois sont bien dressés et dégauchis, il est bien facile de les joindre et de s'assurer de la perfection des joints, du moins à l'extérieur, puisque toutes les extrémités sont apparentes; mais lorsqu'elles ne le sont pas, ou bien quand les morceaux sont d'une certaine largeur, on ne parvient à s'en assurer qu'en frottant de craie un des morceaux, et l'appliquant sur l'autre, de manière que, quand le joint est parfaitement bien fait, le morceau qui n'est pas frotté de craie s'en trouve marqué dans sa totalité; au lieu que, quand le joint n'est pas bien fait, le blanc ne marque que par distance, ce qui indique les endroits où il porte, et par conséquent où il faut ôter du bois.

Pour bien dresser ces sortes de joints, il est bon, après les avoir bien aplanis à *bois de fil* avec la varlope, de les reprendre à *bois de travers* avec la même varlope *à petit fer*, ou bien avec la varlope à onglet, que l'on mènera d'abord diagonalement, puis tout-à-fait à bois de travers. Cette manière de dresser ces joints est très-bonne, parce que non-seulement on est très-sûr qu'ils sont parfaitement droits, mais encore parce que le bois pris et corroyé de travers prend plus facilement la colle, ses pores se trouvant plus ouverts, et cette dernière s'y insinuant mieux.

Quand les joints sont ainsi préparés, on les fait chauffer, afin d'ouvrir les

pores du bois, et dissiper la fraîcheur et l'humidité, qui pourraient faire figer la colle, ou l'empêcher de pénétrer assez avant dans le bois. Il faut cependant éviter de faire trop chauffer les pièces que l'on vaut coller, parce que la trop grande chaleur dessèche la colle, et l'empêche de prendre dans les pores du bois, et d'en faire tenir ensemble les morceaux.

Quand on étend la colle sur les joints, il faut avoir soin d'en mettre également des deux côtés, et de bien l'étendre, et cela le plus promptement possible; après quoi on met les deux morceaux de bois l'un sur l'autre, et on les frotte ensembla, afin d'étendre mieux la colle et de la faire entrer dans le bois; si la colle venait à se figer avant d'être ainsi étendue, elle ferait un corps entre les bois, lesquels se disjoindraient ensuite, soit par la trop grande sécheresse soit par l'humidité.

Quand toutes les précautions sont prises, on serre et on arrête les joints par le moyen de *valets* ou de *sergens*, et on a soin de mettre dessus des cales dont la fil est en sens contraire : ces cales doivent être un peu creuses, afin que la pression du valet les fasse serrer toujours sur les bords.

Avant de parler du collage des bois courbes, il est bon d'entrer dans le détail du collage de ceux qui, droits sur leur longueur, ne sont cintrés que sur leur largeur; tels que sont les panneaux cintrés en plan, les colonnes, etc.

La manière de joindre les panneaux cintrés en plan et de les coller, diffère peu de celle qu'on emploie pour les panneaux droits : seulement on ne doit point se servir de sergent pour en faire approcher les joints, parce que, quand même ces panneaux seraient peu cintrés, les sergens les font toujours creuser plus ou moins qu'il n'est nécessaire. On remédie cependant un peu à cet inconvénient en mettant des cales entre le panneau et les sergens qui se placent toujours du côté du *bouge*, ainsi qu'on peut le voir dans la Figure 14, Planche CXLVII; mais, quelque précaution que l'on prenne, les cales, que l'on est obligé de serrer ou de lâcher, tourmentent les joints et empêchent la colle de prendre; ou bien, quand les panneaux sont minces, les sergens les font ployer et même casser; c'est pourquoi il vaut beaucoup mieux faire des *entailles* que l'on creuse de la même forme que le panneau, et dans lesquelles on le serre et on l'arrête au moyen d'un coin.

Il faut toujours deux entailles au moins pour coller un panneau, et même trois pour peu qu'il soit grand; on doit aussi observer que les mentonnets de ces entailles soient un peu aigus, afin que le panneau ne puisse pas s'échapper en le serrant. Figure 15 (même Planche).

On ne peut se dissimuler que cette manière est beaucoup plus longue, et par conséquent plus coûteuse que la première, parce qu'il faut faire autant d'entailles que l'on a de panneaux de différens cintres; mais ces considérations ne doivent pas faire renoncer aux avantages qui résultent de l'emploi des entailles. Ces mêmes entailles servent aussi à cheviller l'ouvrage cintré en plan, ce qui vaut toujours

mieux que des sergens, qui font déverser les joints, et quelquefois casser les traverses.

Manière de coller les bois courbes.

La difficulté de trouver des bois courbes selon nos différens besoins, et le défaut qui résulterait de faire de trop grandes parties cintrées dans du bois droit, ont obligé les menuisiers de faire ces parties de plusieurs pièces, lesquelles, quand l'ouvrage demande beaucoup de solidité, se rallongent à traits de Jupiter ou autres assemblages, ainsi qu'on l'a enseigné dans cet ouvrage.

Il ne s'agit donc ici que des parties courbes, auxquelles on ne fait point d'assemblages, et dont les joints ne doivent pas être apparens. Comme souvent les parties cintrées sont trop creuses pour qu'on puisse faire leurs traverses d'un seul morceau, parce qu'il y aurait trop de bois tranché, on est alors obligé de les faire de plusieurs pièces, tant sur leur longueur que sur leur largeur, que l'on colle en flûte l'une sur l'autre. On les fait aussi de plusieurs pièces sur leur largeur, en observant de mettre les joints en liaison, c'est-à-dire à contre-sens l'un de l'autre, afin de les rendre plus solides; il faut cependant faire attention que l'extrémité de ces sortes de joints se trouve à bois de fil, pour éviter les éclats que l'on pourrait faire en les poussant. Figure 17, Planche CXLVII.

La coupe horizontale de ces sortes de joints se fait ordinairement par une ligne tendante au point du centre, et on doit faire attention que l'autre, qui fait l'extrémité du joint, lui soit parallèle, parce que si elle tendait au point de centre, cela ferait gauchir le joint, ce qui le rendrait très-difficile à faire; c'est pourquoi il est bon que la ligne qui tend au point de centre passe par le milieu du joint, afin d'en rendre la coupe plus régulière, c'est-à-dire qu'elle se retourne carrément sur cette dernière, et le joint doit être parallèle.

Il est des occasions où l'on ne peu pas faire les joints en flûte, par raison soit de propreté soit d'économie; alors on fait les joints carrément, en coupant en pente un des morceaux, selon que le cintre l'exige. Quand le cintre est considérable, et que l'on craint que l'extrémité du joint ne vienne à *s'égrainer*, on fait le joint en entaille sur l'épaisseur, ce qui donne plus de force au morceau cintré. Ces sortes de joints sont peu solides; c'est pourquoi on n'en fera usage que le moins que l'on pourra, et seulement quand ces courbes seront prises entre deux autres qui leur procurent plus de solidité, et empêchent qu'elles ne se disjoignent. (*Extrait de l'Art du Menuisier de Roubo*, 2e. *partie*, *Chapitre IX*, 2e. *Section*.)

PLANCHE CXLI.

(*Figures* 1, 2, 3, 4. *Portes charretières et de basses-cours.*)

De même que dans les parquets et les lambris, c'est encore la disposition simple et régulière des bois qui fait toute la décoration des portes dont nous allons parler. Ces portes peuvent être construites de trois manières différentes,

La première et la plus solide, est de les assembler à panneaux recouverts, en forme de compartiment de parquet.

Cette manière de faire les portes est très-solide, et était fort en usage dans le dernier siècle : on y a renoncé depuis, et cependant la beauté de leur construction aurait dû, dans bien des cas, leur mériter la préférence.

Elles sont composées, comme les autres portes, de gros bâtis et de guichets, auxquels on met quelquefois des parquets saillans; lorsqu'il n'y a point de parquets (ce qui est moins bien), on fait descendre le compartiment des panneaux saillans jusqu'en bas : on fait ces compartimens de panneaux de différentes formes, carrés, oblongs, chantournés par les bouts et en losange. Figures 1, 2, 3 et 4.

Cette Figure 4 est la meilleure, parce que toutes les traverses, étant disposées diagonalement, tendent à soutenir la retombée du bâti, et le rendent plus solide en l'empêchant de baisser: les panneaux de ces portes sont embrevés dans les bâtis, saillent de 8 à 9 lignes, et sont arrondis sur l'arête, ou sont ornés d'un quart de rond; ils portent sur des croisillons, qui sont assemblés dans les bâtis, et sur lesquels croisillons ils sont attachés avec des clous dont la tête est arrondie, et quelquefois même enrichie de divers ornemens, et dont la pointe, qui est fendue en deux, se replie par derrière. Détails au bas de la Figure 3.

La seconde manière, est de faire ces portes comme les autres, composées de gros bâtis et de guichets, lesquels sont remplis par des montans de 3 à 4 pouces de large, et par des planches de 6 à 8 pouces de largeur, lesquelles sont à joints recouverts sur ces montans : ces planches montent de toute la hauteur, ou bien sont séparées par une traverse, ce qui est meilleur. Fig. 1 et 2.

La troisième et dernière manière, est de les faire de planches arrasées dans les bâtis, sur l'arête desquelles on pousse une petite moulure pour faire perdre la trace des joints, supposé qu'ils viennent à s'ouvrir. Figure 1

Comme dans les deux dernières espèces de portes dont il vient d'être question, les planches n'affleurent pas les bâtis par derrière; on y assemble des traverses ou barres, disposées diagonalement, lesquelles retiennent la retombée de ces portes.

On voit encore des portes cochères combinées de cette manière, à plusieurs

anciens hôtels de Paris, bâtis sous les règnes de Henri IV, Louis XIII, et le commencement de celui de Louis XIV. (*Extrait de Roubo, 1re. partie, Chapitre IX, 4e. Section.*)

Figure 8, portes mobiles du château de Caprarole.

Cette figure, qui représente la porte de menuiserie de l'entrée du château de Caprarole, construit par J. Vignole, vient ici à l'appui de ce que nous avons dit ci-devant, page 215, au sujet des lambris, savoir : que les combinaisons données par le système général d'union, de liaison et d'assemblage, qui sert de base à toutes les opérations de l'architecture, lui procurent en même temps les meilleurs élémens de sa décoration

Nous avons déjà eu l'occasion de remarquer, au tome 2e. de cet ouvrage (pag. 117), que dans diverses productions de ce grand maître, la décoration n'est autre chose que le résultat d'une construction ingénieusement combinée.

LIVRE SEPTIÈME.

SERRURERIE.

PREMIÈRE SECTION.

EMPLOI DU FER DANS LES BATIMENS

Sous le nom de SERRURERIE, on comprend ordinairement trois genres d'ouvrages bien distincts, qui servent à la solidité, à la sûreté ou à la décoration des bâtimens. Les premiers, qui forment une partie essentielle de la construction, sont les seuls dont nous ayons à nous occuper dans ce livre.

Nous avons vu au premier livre de cet ouvrage, 1re. sect., chap. VII, que de toutes les matières employées dans la construction des bâtimens, le fer est celle qui exige le plus de préparations avant de pouvoir être livrée aux besoins de l'art de bâtir. Les principales propriétés du fer sont très-variables, soit par la nature des minerais d'où il est tiré, soit en raison du degré de préparation qu'il peut avoir reçu dans les grosses forges[1]; c'est pourquoi, après en avoir réglé les dimensions, il est essentiel de s'assurer de la qualité de ceux qui doivent entrer dans les constructions ordinaires, et de les soumettre à des épreuves supérieures à l'intensité de l'action qu'ils auront à exercer. Cette précaution devient surtout indispensable à l'égard des fers dont se composent les armatures qui servent actuellement à remplacer les poutres et les fermes de charpente; plusieurs événemens funestes ayant appris que rien n'indique à l'avance la rupture prochaine d'une pièce de fer; que la chute d'une armature seule peut entraîner celle de tout un édifice, et que ces accidens se déclarent avec une promptitude telle qu'il est souvent impossible d'en prévenir les déplorables conséquences.

D'après tout ce qui a été dit dans la 2e. section du premier livre, sur

[1] Ferrum à ferro multùm differt. G. Agricolæ de Re Metallicâ.

la manière d'évaluer la force du fer tiré ou comprimé selon sa longueur, posé verticalement, horizontalement et obliquement, on peut trouver celle de toutes sortes de barres de fer, quels que puissent être leur position et le résultat de leur combinaison, pour former des armatures, des fermes de combles, des planchers, et même des arches de ponts.

Les différentes dimensions observées dans la fabrication des fers étant désormais invariablement fixées par l'usage et l'expérience; la connaissance de ces dimensions devient la base nécessaire de toutes les opérations de la serrurerie.

Qualites et dimensions des fers dont on fait usage en France.

[1] Les fers de Lorraine sont réputés les plus doux de tous, ensuite ceux du Berry, du Nivernais, et de la rive de la Loire; viennent après ceux de Champagne et de Bourgogne, qu'on nomme *fers de roche*, et, entre ceux-là, on en distingue de trois qualités : ceux qu'on nomme simplement *de roche*, entre lesquels il y en a qui sont presque aussi doux que ceux du Berry; ceux nommés *fers demi-roche*, qui sont d'une qualité inférieure; et tous ceux désignés sous le nom de *fers communs*, qui sont encore de moindre qualité.

1°. Tous les fers se façonnent de différens échantillons.

Les plus petits fers carrés de 4 à 5 lignes, jusqu'à 8 et 9 (9, 11, 18 et 20 millimètres), se nomment du *carillon*; ainsi, il y a du carillon de Lorraine, de Berry, de Roche et de fer commun. Les serruriers se fournissent des uns et des autres, suivant les ouvrages qu'ils veulent faire, et le prix qu'ils les vendent; car les fers de Lorraine et de Berry sont plus chers que les fers de roche, et ceux-ci coûtent plus que les fers communs.

2°. Tous les autres fers sont désignés sous le nom de *fers carrés*, les carillons exceptés, et il y en a depuis 9 à 10 lignes jusqu'à 3 pouces $\frac{1}{2}$ et 4 pouces en carré (20 à 23, et 95 à 108 millimètres), tant en fer de Lorraine que de Berry, de roche ou commun.

Cependant on désigne encore ces différens fers par les usages qu'on en fait le plus communément.

3°. On nomme *côte de vache* tous les fers refendus dans les fenderies

[1] Extrait de l'*Art du Serrurier*, par Duhamel du Monceau.

On les distingue aisément parce qu'ils ne sont pas à vive arête, que leurs faces sont arrondies, leurs bords inégaux et remplis de bavures. Les plus menus fers s'emploient pour des *fentons*, et portent même ce nom. On tient dans les magasins, des côtes de vache depuis 2 à 3 lignes en carré jusqu'à 12 (5, 7 et 27 millimètres). Tous ces fers portent depuis 9 jusqu'à 15 pieds de longueur (2 m 924 à 4 m 873).

Les fers méplats, forgés au gros marteau, sont de différens échantillons, et ils servent à une infinité d'ouvrages différens.

4°. Ceux qui s'emploient pour les bandages de grosses voitures, ont de 7 jusqu'à 12 lignes d'épaisseur (16 à 27 millimètres) sur mêmes largeurs et longueurs que les précédens.

5°. On tient encore des fers méplats qu'on nomme *à bandages*, qui ont 29 à 30 lignes de large sur 6 à 8 lignes d'épaisseur (65 à 68 sur 14 à 18 millimètres), et dont les barres ont depuis 12 jusqu'à 13 pieds de longueur (3 m 898 à 4 m 223). Presque tous ces fers sont de roche; cependant on en trouve de mêmes dimensions qu'on a tirés de Lorraine ou de Berry, qui sont très-doux, durent davantage sur les voitures que les fers dits de roche, quoique ceux-ci soient plus durs.

6°. Pour les équipages, on emploie le plus souvent du fer de Berry ou de Lorraine, qui a 5 à 6 lignes d'épaisseur, 26 à 28 lignes de largeur, et dont la longueur des barres est de 15 à 18 pieds (11 à 14 millimètres, 59 à 63 millimètres, et 4 m 548 à 5 m 847).

7°. On tient encore des fers méplats de toutes les qualités, et surtout des communs, depuis 17 à 18 lignes de largeur jusqu'à 30 et 32 pouces (38 à 44 jusqu'à 812 à 867 millimètres), et depuis 4 jusqu'à 8 lignes d'épaisseur (9 à 18 millimètres); la longueur des barres varie.

8°. Le fer dit *demi-laine*, tel que celui qui sert à ferrer les bornes et les seuils de porte, a de 26 à 28 lignes de largeur (59 à 63 millimètres) sur 6 à 7 lignes d'épaisseur (14 à 16 millimètres), et les barres ont 9 à 10 pieds de longueur (2 m 924 à 3 m 248).

9°. Le *fer de maréchal*, pour ferrer les chevaux, a 5 à 6 lignes d'épaisseur (11 à 14 millimèt.), 12 à 13 lignes de largeur (27 à 29 millimèt.), et les barres ont 12 à 14 pieds de longueur (3 m 898 à 4 m 548).

10°. Le fer qu'on nomme *cornette*, a de 5 à 7 pouces de largeur (135 à 189 millimètres), 6 à 8 lignes d'épaisseur (14 à 18 millimètres), et 4 à 6 pieds de longueur (1 m 299 à 1 m 949). On en revêt les bornes et les encoignures qui sont fort exposées au choc des roues.

11°. Les *bandelettes* pour les limons et les rampes d'escalier, ont pour l'ordinaire de 2 à 4 lignes d'épaisseur (5 à 9 millimètres), 7 à 8 lignes de largeur (16 à 18 millimètres), et les barres ont depuis 6 jusqu'à 12 pieds de longueur (1m 949 à 3m 898).

12°. Les *fers ronds* pour les tringles et grilles, se tiennent en paquet, et l'on en trouve depuis 5 jusqu'à 9, 10 et 15 lignes de diamètre (11, 20, 23 et 34 millimètres).

13°. Les *feuilles de tôle à seau*, ou fer mince et battu, ont depuis 12 jusqu'à 15 lignes de largeur (27 à 34 millimètres), et une ligne d'épaisseur (2 millimètres).

14°. Les *tôles à palastre*[1] ont depuis 6 jusqu'à 9 pouces de largeur (162 à 244 millimètres), sur 1 ligne ou 1 ligne $\frac{1}{2}$ d'épaisseur (2 à 3 $\frac{1}{2}$ millimètres); les feuilles ont 8 à 9 pieds de longueur (2m 599 à 2m 924).

15°. La tôle *à serrure* a depuis 18 jusqu'à 60 lignes de largeur (41 à 135 millimètres), environ une ligne d'épaisseur (2 millimètres), et les feuilles ont 5 à 6 pieds de longueur (1m 624 à 1m 949).

La tôle *à scie* est la même que la tôle à serrure.

16°. La tôle *pour garnir les portes cochères*[2], a depuis 9 jusqu'à 13 pouces de largeur (244 à 352 millimètres) sur 1 ligne $\frac{1}{2}$ ou 2 lignes d'épaisseur (3 $\frac{1}{2}$ ou 5 millimètres); la longueur des feuilles est de 5 à 6 pieds.

17°. La *tôle de Suède*, pour relever ou emboutir, a 20 à 22 pouces de largeur (532 à 596 millimètres), sur 1 ligne (2 millimètres) d'épaisseur, et la longueur des feuilles est de 26 à 28 pouces (704 à 758 millimètres).

18°. La tôle dite *à étrille* a de 7 à 9 pouces de largeur (189 à 244 millimètres), $\frac{1}{2}$ ligne d'épaisseur (1 millimètre), et les feuilles ont 27 à 28 pouces de longueur (731 à 758 millimètres).

19°. Les tôles dites *à rangettes*, qu'on emploie pour les tuyaux de poêle, ont 14 à 15 pouces de largeur (379 à 406 millimètres); $\frac{1}{2}$ ligne d'épaisseur (1 millimètre), et les feuilles ont 18 à 20 pouces de longueur (487 à 542 millimètres).

20°. Enfin les tôles *à réchaud* ont $\frac{1}{2}$ ligne d'épaisseur (1 millimètre), 7 à 9 pouces de largeur (189 à 244 millimètres), et les feuilles ont les mêmes longueurs que les précédentes.

[1] Partie extérieure de la serrure, sur laquelle les pièces intérieures sont montées.

[2] Voyez, ci-devant, la note au bas de la page 218.

Il ne faut pas croire que tous les fers que nous venons de désigner soient précisément employés aux usages pour lesquels on les tient dans les magasins; les serruriers choisissent chez les marchands de fer ceux qui leur conviennent, ou pour la qualité, ou pour les dimensions. Enfin, comme rien n'est plus économique que d'employer des fers qui aient à très-peu de chose près les dimensions dont on a besoin, quand on a à faire quantité d'ouvrages du même genre, on envoie dans les forges des modèles qu'on y copie exactement.

CHAPITRE PREMIER.

DES CHAÎNES, TIRANS ET LINTEAUX.

Des tirans et des chaînes.

Il ne suffit pas de construire les murs d'un bâtiment dans les dimensions voulues, et avec toute l'attention convenable; comme ils doivent être chargés du poids des planchers et des combles, qui tendent naturellement à les pousser au vide, effet qu'augmente encore l'ébranlement continuel qu'occasione le roulement des voitures dans les grandes villes, on prend d'étage en étage des précautions à cet égard lors de leur construction, pour prévenir tout écartement, en mettant au milieu des murs ou dans leur épaisseur, des chaînes horizontales de fer plat ou carré bien tendues, et solidement arrêtées à leurs extrémités par des ancres, lesquelles lient ensemble lesdits murs, de façon à ne pouvoir agir l'un sans l'autre et à se prêter un mutuel secours. Ces chaînes se placent dans les murs en les construisant.

Cependant ce n'est guère que dans les édifices d'une certaine importance que l'on met des chaînes dans toute la longueur des murs; car, dans les maisons ordinaires, on se borne à poser des tirans à la tête, ou plutôt à la rencontre de tous les murs de refend et mitoyens avec les murs de face à chaque étage, de la longueur seulement de 7 à 8 pieds, et dont le bout opposé à l'ancre est scellé dans la maçonnerie. On ne met pas non plus de chaînes dans toute la longueur des murs de face, à moins que le bâtiment ne se trouve isolé, car lorsqu'il est accoté par d'autres, elles deviennent inutiles.

Autrefois on laissait les ancres apparens en dehors des murs de face d'un bâtiment, et on leur donnait la forme d'une S ou d'un Y pour embrasser une plus grande étendue de mur; mais maintenant, pour ne pas nuire à l'effet des façades, bien que cela ne soit pas aussi solide, on les fait droits, et on les encastre de 2 ou 3 pouces en dehors pour les dérober à la vue. Si le mur est en moellons, on y pratique tout simplement une tranchée pour loger l'ancre, que l'on rebouche avec du mortier ou du plâtre; et, s'il est en pierre, on perce en le bâtissant le trou nécessaire pour le recevoir, du moins dans l'assise supérieure; car pour l'assise in-

férieure, on la perce ordinairement sur place, avec un pic, de l'eau et du grès, à force de la battre.

Outre les chaines que l'on place dans l'épaisseur des murs, on attache encore à l'extrémité de chaque poutre, en dessus ou en dessous, une bande de fer à talon d'environ 4 pieds de longueur sur 2 pouces de large et 6 lignes d'épaisseur, au bout de laquelle est un œil où l'on passe aussi une ancre qui s'encastre également au dehors du mur qui soutient sa portée. Si par hasard, les bouts de deux poutres se rencontraient vis-à-vis l'un de l'autre au milieu d'un mur, comme cela peut arriver quand les appartemens sont doubles, alors on les lierait ensemble par une bande de fer solidement clouée avec des clous dentelés et retenue avec des crampons, ou talons à chaque bout.

On met encore de semblables bandes de fer avec des ancres, au bout des sablières des grosses cloisons de charpente, au droit des planchers, et au bout des entraits des fermes des combles, qui servent alors de chaines et de tirans; enfin on en met également à l'extrémité des pannes, des faltages, soit à leur rencontre avec les murs de face, soit avec celle des murs de pignons d'un bâtiment, surtout lorsqu'ils sont isolés: le tout à dessein d'empêcher d'étage en étage le déversement des murs de face, et afin que le bâtiment ne puisse s'écarter d'aucun côté de son aplomb.

Pour les chaines en fer plat, on fait ordinairement usage de barres de 2 pouces à 2 pouces ½ de largeur sur 6 à 7 lignes d'épaisseur; on prend celles en fer carré dans des barres de 14 à 15 lignes de grosseur, et quelquefois davantage; mais les fers plats doivent toujours être préférés, dans ce cas, ainsi que nous l'avons dit au premier livre de cet ouvrage (page 276).

Il y a trois manières différentes de former les assemblages des chaines; savoir: à charnières, à talons et à mouffles.

Pour l'assemblage à charnières, représenté par la Figure 1, Planche CXLVIII, l'extrémité de l'une des barres forme une fourche dans laquelle on introduit le bout de l'autre. Les trois épaisseurs de fer réunies sont percées d'un trou; dans ce trou on fait entrer un boulon à vis, ou à clavette, et quelquefois de doubles coins. On préfère les doubles coins lorsqu'il s'agit de faire tirer les barres qui forment la chaine; c'est ce que les ouvriers appellent *faire bander la chaîne.*

Les chaines et tirans en fer plat manquent ordinairement au droit du

pli qu'on pratique à leur extrémité, pour que l'œil qui les termine puisse saisir l'ancre dans une position verticale, parce que le fer est corrompu en cet endroit. On éviterait cet inconvénient en posant les barres de champ dans les murs, ou le long de l'une des faces verticales des poutres.

Dans le second assemblage, représenté par les Figures 2 et 3, les bouts qui doivent s'unir sont terminés par des talons tournés en sens contraire. On fait bander la chaîne, en introduisant des coins de fer entre les deux talons : on maintient les bouts de barre réunis par le moyen de deux brides placées au droit des talons.

L'assemblage à moufles ne diffère du précédent qu'en ce que les talons sont plus forts, et contournés comme on le voit dans les Figures 4, 5, 6 et 7.

Cette manière de réunir les barres est la plus solide, c'est pourquoi on la préfère pour les grandes chaînes qui ont de puissans efforts à soutenir. Elle a été mise en œuvre pour toutes les chaînes de la nouvelle église de Sainte-Geneviève.

L'ajustement représenté par la Figure 5 est celui des bandes formant un double cercle pour soutenir la voûte intermédiaire du dôme de Sainte-Geneviève, au-dessus des grandes ouvertures des lunettes.

Ce cercle est formé de deux bandes de fer plat de 25 lignes de largeur sur 8 lignes ½ d'épaisseur. Les quatre ajustemens faits pour parvenir à faire serrer ce double cercle, sont semblables à celui représenté par cette Figure. On voit, Figure 8, que les bandes de fer sont posées de champ, de manière à former deux cercles concentriques qu'on fait serrer par le moyen d'un coin, inséré entre les talons des barres réunies par le moyen de deux brides, qu'on fait serrer au moyen de deux coins minces, comme l'indique la Figure 5.

Pour poser ce double cercle, on a pratiqué une entaille cylindrique dans l'extrados de la voûte : lorsqu'il fut posé en place et serré par le moyen des emmanchemens, on a percé des trous de trois pieds en trois pieds environ, pour réunir les deux cercles et empêcher les assemblages de varier.

La force de tous ces fers n'a été calculée qu'à raison de 50 livres par ligne carrée de la grosseur du fer; c'est-à-dire, sur une force quatre à cinq fois moindre que celle à laquelle il pourrait résister.

L'expérience, confirmée par les principes de mécanique, a fait connaître que la force qu'il faut pour rompre un cercle de fer, est à celle

qu'il faut pour rompre une barre droite de même dimension de grosseur, comme la circonférence du cercle est au rayon ; c'est-à-dire, comme 44 est à 7, par la raison que, dans le cercle, l'effort se partage sur tous les points de la circonférence, de manière à former plusieurs ruptures ; tandis que dans une barre droite tirée par les deux bouts, l'effort ne tend à former qu'une rupture dans le milieu de sa longueur.

En appliquant ce principe au cercle dont nous venons de parler, et en supposant que l'effort à contenir soit de cent milliers, la force des barres devrait être égale à $\frac{100000 \times 7}{44}$, qui donne 15,910.

Nous avons dit que les barres dont le cercle est formé ont chacune 25 lignes de largeur sur 8 lignes ½ d'épaisseur, formant ensemble une superficie de grosseur de 425 lignes carrées, lesquelles, évaluées seulement à 50 livres par ligne, donneraient 21,250, au lieu de 15,910 ; et 133,571 pour l'effort que le cercle pourrait contenir, au lieu de 100,000.

Expériences faites au Conservatoire des arts et métiers, par M. Molard, pour redresser les murs par l'effort seul de la rétraction du fer.

Jusqu'ici les chaînes de fer n'avaient guère été employées que comme un moyen de prévoyance dans les constructions neuves, ou pour arrêter les progrès des accidens qui se manifestent après coup dans les bâtimens, lorsqu'on n'a pas pris toutes les précautions convenables : une expérience ingénieuse a fait connaître qu'elles étaient susceptibles de rendre des services encore plus essentiels dans l'art de bâtir. Voici quelle fut l'occasion de cette importante découverte.

L'établissement du Conservatoire des arts et métiers, dans le local de l'ancienne abbaye de Saint-Martin-des-Champs, à Paris, donna lieu à plusieurs changemens pour approprier les bâtimens à leur nouvelle destination. Le grand corps de logis adossé au cloître se composait au rez-de-chaussée de salles voûtées sur toute la largeur du bâtiment ; au-dessus étaient les chambres des ecclésiastiques dégagées par un vaste corridor, Figure 9. Il parut facile de convertir cet étage en deux galeries, en supprimant les divisions de ces chambres ; mais on ne fit pas attention que les cloisons de séparation avaient été construites de manière à soulager les voûtes du poids de l'immense cloison qui portait sur elles presqu'à leur sommet. Après la suppression des décharges, la

poussée de ces voûtes, qui sont très-surbaissées, augmentée par l'action de ce poids, ne tarda pas à faire écarter les murs de plusieurs pouces, et il fallut aviser promptement aux moyens d'arrêter les progrès du mal. A cet effet, la commission nommée par le ministre de l'intérieur, et dont j'étais un des membres, décida qu'il serait placé des chaines ou tirans de fer au droit de chaque trumeau, à la naissance des voûtes.

M. Molard, habile mécanicien, alors directeur du Conservatoire, pensa qu'on pouvait obtenir davantage de la puissance du fer, et conçut l'heureuse idée de ramener, à l'aide de ces chaines, les choses dans leur état primitif. Une première expérience ne tarda pas à le convaincre de la possibilité de cette entreprise.

Comme la manœuvre des moyens qu'il se proposait d'employer, exigeait que la longueur des chaines dépassât au dehors des murs, il imagina de substituer aux ancres ordinaires, dont l'aspect est défectueux, des disques en fer fondu *a*, *b*, qui embrassent plus de superficie, et présentent une sorte de décoration. L'extrémité des chaines, passant au travers de ces plateaux de fonte, est terminée d'un côté par une forte vis, arrêtée au dehors par un écrou de forme pentagonale, et de l'autre par une grosse tête de boulon carré. C'est après que les chaines eurent été mises en place, et leurs écrous serrés à refus, que commença l'expérience. Au mur du côté du jardin, M. Molard fit placer sur chaque écrou une clef C, Figure 11, de 2 mètres de longueur, dont l'extrémité, terminée en forme de crochet, servait à soutenir un poids qui fut fixé à 100 kilogrammes. Au bout de quelques jours on s'aperçut que ces clefs, qui avaient été posées horizontalement, avaient pris une direction oblique, et M. Molard put constater aussi, d'après les remarques qu'il avait faites, que les joints des voussoirs commençaient à se resserrer. Craignant cependant de ruiner le pas de vis en renouvelant cette opération autant de fois que l'aurait exigé le redressement des murs, il eut recours à un artifice dont un mécanicien seul pouvait peut-être concevoir l'idée. Sans rien déranger dans l'appareil, il fit chauffer les chaines à l'aide de réchauds : les écrous chargés de leurs poids s'emparèrent d'abord de l'extension donnée à la chaine par la chaleur, sans augmenter le rapprochement; mais, dès qu'on eut cessé de chauffer, la rétraction du métal en se refroidissant entraîna les murs avec un effort invincible, et les ramena progressivement dans leur aplomb après plusieurs chauffages.

C'est à l'auteur lui-même que nous devons les détails que nous venons de rapporter, ainsi que la communication des dessins d'après lesquels ont été faits les détails figurés sur la planche CXLVIII. La précision avec laquelle ils ont été tracés ne peut laisser aucune incertitude sur la forme et les fonctions de chaque partie [1].

Des Linteaux.

En général, les linteaux peuvent être considérés comme des étais permanens, placés sous les plates-bandes des portes et des croisées. Dans la maçonnerie ordinaire on met des linteaux de bois au-dessus de l'embrasement des croisées, et l'on bande le haut des tableaux en dehors, avec des moellons taillés en coupe, dans lesquels on met par précaution des barres de linteau. Dans la construction en pierre de taille, ces barres sont encastrées sur les claveaux et scellées dans les pieds-droits de la baie.

Il résulte de tout ce qui a été dit au premier livre (2[e]. Section, Chapitre IV), relativement à la raideur des barres de fer posées horizontalement, qu'*un linteau de fer doit avoir pour épaisseur au moins la trentième partie de sa longueur entre les points d'appui, puisqu'il commence à plier sous son propre poids lorsqu'elle est moins de la cinquantième partie de sa longueur*. On peut voir dans la table, page 294, qu'une barre F, qui avait 21 lignes de grosseur sur 20 lignes, pliait par son propre poids de 2 lignes, dans une longueur de 9 pieds 10 pouces $\frac{1}{2}$. Ce qui prouve combien peu on doit se fier aux barres posées sous les plates-bandes lorsqu'on ne les arrête pas par les bouts, pour les faire agir en tirant, afin de les empêcher de courber; et comme alors elles ont un double effort à soutenir, il faut leur donner une largeur double de leur épaisseur verticale.

[1] Les lettres *a*, *b* indiquent le disque vu en dessous; *c*, le profil du disque avec son collet; *d*, le même garni de tous ses agrès; *e* est un collier de fer carré, dont les angles se prolongent en forme de rayons, placé à la naissance du collet du disque, et encastré dans la pierre, afin de s'opposer à la torsion qu'aurait pu éprouver la chaîne pendant le jeu des écrous; *f* est l'écrou de forme pentagonale, portant en dessous un petit filet cylindrique, pour éviter le sillon qu'auraient pu tracer les angles du pentagone; *g* est la rondelle placée entre l'écrou et le plateau du disque; *h* représente la tête de boulon qui termine la chaîne du côté du cloître; *i* est la vis placée du côté du jardin.

NOTE.

SUR LES CERCLES DE FER EMPLOYÉS POUR CONSOLIDER LA COUPOLE DE SAINT-PIERRE.

L'expérience a fait connaître que le fer, dont l'effet est si puissant et si sûr au milieu des constructions en pierre de taille, n'était pas à beaucoup près d'un aussi grand secours pour la construction en maçonnerie; et que, dans les ouvrages de ce genre, les cercles et armatures pouvaient bien servir à réunir des parties qui ont été désunies par un accident quelconque; mais qu'ils ne sauraient s'opposer aux désunions presque inévitables qui résultent de l'inégalité des tassemens.

De tous les édifices modernes, la coupole de Saint-Pierre de Rome est l'exemple le plus intéressant que l'on puisse citer à l'appui de cette observation, à cause des renseignemens que l'histoire nous a conservés, tant sur sa construction que sur les accidens qui se manifestèrent après son entier achèvement.

On n'est pas sûr de la quantité de cercles de fer qui furent employés pour entretenir les deux voûtes formant la double coupole, dans le temps de sa construction. On n'en connaît que deux : l'un est placé en dehors de la voûte intérieure, à trente-quatre pieds environ au-dessus de sa naissance, à un pied au-dessus du point où la coupole se divise en deux, et au-devant du premier des gradins formant escalier pour monter à la lanterne. Les bandes de fer qui composent cette chaîne ont 35 lignes de large sur 20 lignes d'épaisseur.

Le second cercle est placé au milieu de l'épaisseur des deux coupoles réunies, à seize pieds et demi environ au-dessus de la naissance de la voûte intérieure. Ce cercle a les mêmes dimensions que le précédent.

Vers le haut de la coupole intérieure, il y a plusieurs trous, au fond desquels on aperçoit des barres de fer montantes. On prétend qu'à ces barres de fer viennent s'agrafer d'autres cercles placés dans l'intérieur de la construction à différentes hauteurs, et que toutes ces barres se terminent à un dernier cercle autour de l'œil de la première coupole. Il y a un passage d'Angelo Rocca qui semble prouver cette disposition pour les deux voûtes; voici comment il s'explique : « Tous les jours on » élève trente milliers de gros fers préparés dans trois grands ateliers de forgerons » pour relier les deux voûtes du dôme, avec le grand œil qu'on a pratiqué à son » sommet, par où il reçoit sa lumière [1]. »

Toutes ces précautions n'ont pas empêché que cette coupole ne se soit désunie de toutes parts.

Comme toutes les désunions qui se sont faites à cet édifice étaient verticales, et

[1] Nam quotidiè pro duobus tholi fornicibus connectendis ingenti tholi oculo in ejus summitate relicto, à quo lumen excipitur, ex ferramentis triginta librarum millia sursum extracta sunt, tribus officinis ferrariis adhibitis.

que ce dôme a une forme ronde, les moyens qui parurent les plus efficaces pour y remédier furent, 1°. de réunir toutes ses parties, en les resserrant avec plusieurs grands cercles de fer placés à l'extérieur, aux endroits où l'on jugea que les désunions étaient les plus dangereuses; 2°. de réparer toutes les désunions et lézardes de l'intérieur les plus apparentes, en prenant toutes les précautions convenables pour le faire d'une manière solide, sans nuire à l'édifice.

Le nombre des cercles de fer fut d'abord fixé à cinq. Ils furent fabriqués dans les forges de *Conca*, aux environs de Rome. Ces cercles sont composés de grandes bandes de fer plat, de 15 à 16 pieds de longueur, sur 3 pouces $\frac{1}{2}$ de large et 25 lignes d'épaisseur. D'un côté ces barres sont terminées par une boucle ou œil simple, et de l'autre par une espèce de fourche, avec un œil à chaque branche (voyez Figure 12). Cette fourche est faite pour recevoir l'œil simple d'une autre bande. L'assemblage de ces bandes est fixé par deux grands coins enfoncés à coups de masse, à rebours l'un de l'autre, dans les trois boucles réunies. Ces coins ont environ 20 pouces de long, 3 pouces $\frac{1}{2}$ de large, et 25 lignes d'épaisseur par le gros bout : cette épaisseur se réduit à rien par l'autre bout. Dans les endroits où ces cercles sont placés sur de la maçonnerie de brique, on a eu la précaution de mettre des lames de plomb sous le cercle de fer, pour empêcher que la raideur du fer n'écrase la maçonnerie; on en a mis aussi en plusieurs endroits où les cercles sont placés sur la pierre de taille, surtout au droit des assemblages, pour empêcher que les coups de masse ne fissent éclater la pierre.

Le premier cercle fut placé au-dessous de la corniche du stylobate extérieur, sur lequel sont établis les contreforts ornés de colonnes. Pour le placer, on fit une entaille de 7 à 8 pouces de profondeur; il est composé de 38 bandes de fer de la forme et dimension que nous avons dit. La circonférence de ce cercle est de cinq cent quatre-vingt-un pieds; il pèse, compris les coins et lames de fer qui ont servi à le faire serrer, 32,542 livres romaines et $\frac{4}{7}$, qui font 24.407 livres, poids de Paris.

Le second cercle fut posé au-dessus de la corniche des contreforts, au-devant du premier socle de l'attique. Pour le mettre en place, on perça tous les avant-corps, afin de le faire poser sur une courbure uniforme. Ce cercle ne fut point entaillé dans les intervalles des avant-corps; on forma pour le couvrir un espèce de gradin qui se trouve caché par la saillie de la corniche. Ce cercle est formé de trente-trois pièces; sa circonférence est de 484 pieds. On trouva que son poids était de 27,456 livres romaines, compris coins et lames de fer, qui font 20,592 livres de Paris.

Le troisième cercle fut posé au-dessus de l'attique, à la naissance de la coupole extérieure. Il passe sous les côtes, et il est entaillé de son épaisseur dans les intervalles. Ce cercle est caché par la couverture en plomb de la coupole; il est composé de trente-deux pièces; sa circonférence est de 475 pieds. Son poids, compris

les coins, s'est trouvé de 26,965 livres romaines $\frac{1}{7}$, qui valent 20,221 livres un quart de Paris.

Le quatrième cercle se trouve à moitié de la hauteur de la coupole extérieure ; il est encastré dans la voûte de son épaisseur, et passe sous la saillie des côtes. Ce cercle est composé de vingt-huit pièces ; sa circonférence est de quatre cent six pieds. Il pèse 23,010 livres romaines, qui font 17,257 livres $\frac{1}{2}$ de Paris

Le cinquième cercle est placé au-dessus du plateau de la lanterne ; il est entaillé de même, et passe sous la saillie des côtes : il est composé de 16 pièces ; sa circonférence est de 155 pieds. Il pèse 9,070 livres $\frac{2}{3}$ romaines, qui valent 6,802 livres $\frac{3}{4}$ de Paris.

Les deux premiers cercles furent posés en août et septembre 1743 ; les deux suivans, dans le courant des mois de mai et de juin 1744 ; et le cinquième, en août et septembre de la même année. Ce fut le marquis de Poléni, de Padoue, qui indiqua les endroits où ils devaient être placés, ainsi que leur forme et leurs dimensions, Figures 12 et 13, Planches CXLVIII ; et Louis Vanvitelli, architecte de la fabrique, dirigea toutes les opérations.

Trois ans environ après cette réparation importante, en 1747, des ouvriers en bouchant les lézardes dans la coupole, découvrirent la trace des cercles primitifs. Le pape Benoît XIV, voulant reconnaître l'état de ces cercles, les fit mettre à nu ; on reconnut que le cercle supérieur, placé dans l'épaisseur du premier des gradins qui sont sur la coupole intérieure, était rompu en deux endroits ; la première rupture se trouve du côté de la nef du fond, au-dessus du pilier de sainte Hélène. Cette rupture était au milieu de la longueur d'une des barres de fer qui composent le cercle ; la longueur de cette barre était de 39 palmes romains (26 pieds 10 pouces). La distance entre les deux morceaux rompus était de 9 minutes $\frac{1}{4}$, qui répondent à 13 lignes $\frac{1}{3}$.

Les deux parties de la cassure paraissent arrachées, ce qui prouve une très-bonne qualité de fer. Un des bouts était plus élevé que l'autre de 7 minutes, c'est-à-dire de 11 lignes $\frac{5}{7}$.

La maçonnerie qui recouvrait ce cercle ayant été défaite tout autour, on trouva une seconde rupture répondant au milieu du pilier de sainte Véronique. La distance entre les morceaux rompus était de 14 minutes $\frac{1}{2}$, qui valent 23 lignes $\frac{1}{4}$. La rupture n'était pas dans le milieu de la barre de fer, mais à 25 pouces $\frac{1}{2}$ de l'un des bouts. Le fer paraissait arraché à la cassure ; cette cassure n'était pas d'aplomb comme la précédente, mais oblique et dentelée, ce qui indique une plus grande résistance.

Quant à l'autre cercle, comme il est placé au milieu du massif des deux coupoles réunies, on ne jugea pas à propos de le découvrir pour examiner en quel endroit étaient les ruptures, car il est plus que probable que ce cercle est aussi rompu puisqu'il se trouve dans un endroit où les désunions sont encore plus grandes. On

l'a aperçu au travers de deux lézardes, dans l'escalier qui est au-dessus du pilier de saint Longin, et en quatre endroits, dans les corridors qui communiquent à chacun des escaliers pratiqués au-dessus des autres piliers.

Les deux intervalles entre les ruptures du cercle qui a été découvert, forment ensemble un espace de 38 lignes $\frac{1}{2}$, tandis que l'ouverture des lézardes donne une mesure d'environ 11 pouces. On peut voir par là que l'extension que le cercle a éprouvée avant de se rompre, tant par le rallongement des bandes de fer, que par le resserrement des assemblages, est de 7 pouces $\frac{3}{4}$; ce qui ne paraît pas extraordinaire pour un cercle dont la circonférence est de plus de 400 pieds.

Quelque temps après, on proposa d'en ajouter un sixième, et de le placer aussi à l'extérieur, environ un pied au-dessous de l'endroit où la coupole se divise en deux. La nécessité de ce cercle ayant été reconnue, il fut exécuté de la même manière que les précédens, dans les mêmes forges. Il fut mis en place dans le courant du mois de septembre 1748; on l'entailla de même dans l'épaisseur de la voûte, et on le fit passer sous les côtes. Ce cercle est composé de vingt-deux pièces; sa circonférence est de 441 pieds; il pèse environ 18,762 livres, poids de Paris.

Les lames de plomb que l'on avait mises sous ce cercle pour empêcher que la maçonnerie de brique ne s'écrasât, furent coupées en dessus et en dessous par les barres de fer que l'on fit serrer avec la plus grande force.

Enfin, on raccommoda l'ancien cercle de fer autour de la coupole intérieure, dont il a été déjà parlé. On substitua deux grandes pièces de fer aux endroits où se trouvaient les ruptures.

Au reste, à cette époque, l'emploi des cercles de fer était déja un moyen éprouvé pour préserver d'une prompte destruction les coupoles qui menaçaient ruine. En 1523, Jacques Sansovin, célèbre architecte vénitien, en avait fait usage pour restaurer les coupoles de l'église de Saint-Marc à Venise.

Quelque temps après que la coupole de Sainte-Marie-des-Fleurs, à Florence, fut entièrement terminée, on s'aperçut de plusieurs lézardes qui se manifestèrent dans la tour du dôme. Il y a environ cent cinquante ans que quelques architectes et mathématiciens prétendirent que les lézardes avaient fait, depuis un temps, des progrès alarmans : pour s'assurer si réellement ces désunions augmentaient, on fit entrer de force des coins de bronze dans plusieurs endroits où les pierres s'étaient rompues; outre cela, on entailla des tasseaux de marbre en queue d'aronde. Au bout d'un certain temps, on visita les coins et les tasseaux que l'on avait posés; on trouva les queues d'aronde cassées, et les coins que l'on avait chassés à force s'ôtaient facilement. On en conclut que les désunions étaient augmentées, et que l'édifice continuait à produire des effets qui pourraient bientôt causer sa ruine. Le grand-duc, d'après l'observation des commissaires, fit préparer quatre grands cercles de fer pour relier les parties de cet édifice, et arrêter l'effort de la coupole, auquel on attribuait toutes les désunions. Cependant

d'autres firent des mémoires pour prouver que les eercles de fer étaient inutiles, et que les effets que l'on remarquait à cette conpole étaient fort anciens, et ne provenaient que d'un tassement inégal, soit do sol, soit de la maçonnerie, à cause des joints, et peut-être de ees deux effets, qu'aucune chaîne ne pourrait empêcher. Ils citaient pour exemple la chapelle royale de Saint-Laurent, dont la conpole est de la mêma forme que celle da Sainte-Marie-des-Fleurs. Les neuf grosses chaînes de fer qu'on a employées pour entretenir cette voûte, n'ont pas empêché qu'il ne s'y soit manifesté plusieurs lézardes, dont une a plus de trois pouces de largeur; depuis qo'on a bouché ces lézardes, on n'a remarqué aucun oouvel effet. Toutes ces différentes opinions furent causes que les chaînes ne furent pas mises en place.

J'ai examiné, cent ans après, les coins et les tasseaux de marbre cassés, je n'ai pas vu de progrès seosibles. *Il est certain que le changement de température des saisons pouvait seul faire casser les pièces de marbre qu'on avait mises en travers des lézardes, par la dilatation ou la condensation de leurs parties, qui peut augmenter ou diminuer en certains temps la largeur de ces lézardes. Le moindre frémissement dans une aussi grande masse pouvait encore produire cet effet. C'est ce qu'on éprouve tous les jours, lorsqu'une voiture allant fort vite, passe auprès d'un édifice ordinaire, ou lorsqu'un grand bruit occasione un retentissement considérable dans un édifice voûté.*

Ceux qui n'ont pas voulu attribuer les ruptures et les désunions que l'on remarque dans toutes les coupoles, à l'inégalité inévitable du tassement, les ont attribuées à la poussée des voûtes, ou à des tremblemens de terre. Il est certain que ces derniers peuvent y cootriboer beaucoup, en mettant en mouvement des masses d'uo grand volume. C'est probablement pour obvier aox tremblemens de terre, qui sont assez fréquens en Italie, que l'on y a adopté l'osage des chaînes apparentes dans presque tous les édifices voûtés.

Les effets de la poussée sont beaucoup plus à craindre que ceux du tassement, parce qu'au lieu de diminuer, et même de s'anéantir au bout d'un certaio temps, comme ces derniers, ils vont tonjours en augmentant; dès qu'une fois la poussée a commencé à agir, la résistance perd tout ce que gagne cette poussée; la moiodre commotion ou ébranlement lui font faire de nouveaux progrès qui teodent de plus eo plus à la ruine de l'édifice, lorsqu'on néglige de les arrêter : c'est ce qui serait arrivé à la coupole de Saint-Pierre, si on eût tardé encore long-temps à y faire les réparations dont nous avons ci-devant donné le détail. Nous reviendrons sor cetta question, au neuvième livre de eet onvrage.

CHAPITRE DEUXIÈME.

DES ARMATURES D'ARCHITRAVES, DE PÉRISTYLES ET DE FRONTISPICES.

Nous avons déjà dit, dans le cours de cet ouvrage, que depuis l'époque de la renaissance des arts jusqu'au temps de J.-B. Piranesi [1], tous les auteurs qui ont publié les antiquités de Rome s'étaient exclusivement attachés à faire connaître les formes et les proportions des ordonnances grecques et romaines, sans tenir aucun compte de l'appareil, non plus que de ces moyens cachés que les anciens mettaient en œuvre, pour procurer aux constructions suspendues, qui formaient le couronnement de leurs temples, l'union et la stabilité dont elles n'avaient que l'apparence. Il est vrai que ces détails, purement pratiques, auraient assez mal figuré à côté des perfections de la sculpture antique; mais leur omission pouvait induire en erreur ceux qui n'étaient pas habitués à se rendre compte des procédés de l'art de bâtir [2]. C'est ainsi que, faute d'avoir été à même de voir encore intacts, dans plusieurs édifices de Rome, les crampons et scellemens de tout genre qui relient entre elles les parties supérieures des péristyles et des frontispices, et leurs traces évidentes en beaucoup d'autres, quelques architectes, trompés par l'apparence, et sans s'arrêter à chercher quelles pouvaient être les combinaisons de l'appareil, n'ont pas craint d'avancer que, tout étant dans un repos absolu dans l'architecture antique[3], les anciens n'avaient jamais eu recours à l'emploi des métaux pour contenir l'effort d'une poussée ou d'un écartement quelconques [4]. Après avoir formé leur opinion, sans autres

[1] J.-B. Piranesi est sans contredit le premier qui ait étudié les constructions antiques dans tous leurs détails; il est à regretter qu'il n'ait pas poussé aussi loin ses recherches sur la construction des temples d'architecture grecque.

[2] Ce qui rend cette omission encore plus regrettable, c'est que l'emploi de ces moyens se trouve constaté dans les vues prises d'après nature; mais ici, au lieu de nuire, ils ajoutent au contraire à l'effet pittoresque.

[3] Il est bien entendu que cette assertion n'a rapport qu'aux frontispices et colonnades des temples, car depuis long-temps on avait reconnu l'usage de ces moyens dans les constructions ordinaires.

[4] S'il est des auteurs qui se sont refusés à croire que les anciens aient employé le fer et le bronze pour assurer la solidité de leurs temples, il en est d'autres qui, de leur auto-

preuves que le silence des auteurs à ce sujet, ils s'appuyèrent inconsidérément des anciens, pour proscrire entièrement l'emploi des métaux dans les imitations de l'architecture antique. Au reste, il ne paraît pas qu'une doctrine aussi légèrement avancée ait jamais été observée dans la pratique; on voit, au contraire, que, sans connaître précisément la manière dont les anciens en avaient usé en ces occasions, tous les bons esprits se sont rencontrés avec eux sur la nécessité de relier les colonnes entre elles et avec les murs, par le moyen du bronze ou du fer.

Considérée dans ses élémens communs avec l'architecture egyptienne, l'architecture grecque présente en effet l'image d'un repos parfait dans toutes ses parties; mais on n'a pas fait attention que cette apparence d'inertie, qui résulte de la direction naturelle de la pesanteur des masses sur les points d'appui verticaux, se trouve détruite dans cette dernière, dès que les parties supérieures prennent une direction oblique par rapport à ces points d'appui. Tel est l'effet que ne manqua pas de produire l'imitation de la charpente des combles.

Le mur triangulaire qui remplit le vide du toit pouvant etre construit par assises horizontales, il n'en résultait qu'un surcroit de charge sans aucune action latérale; mais il n'en était pas de même à l'égard des

rité privée, leur ont attribué l'invention des ancres, tirans et linteaux dont les modernes ont fait usage. On trouve, au Chapitre VII des *Mémoires sur les objets les plus importans de l'architecture, par M. Patte*, où cet auteur traite de la construction des péristyles, le passage suivant *sur les procédés des anciens pour opérer ces constructions.*

« Pour assurer la solidité des plates-bandes, les anciens se contentaient de contenir le » haut et le bas de leurs colonnes, qui souvent étaient d'une seule pièce : pour cet effet ils » plaçaient deux mandrins de fer, l'un dans l'extrémité inférieure du fût, c'est-à-dire vers » la base, et l'autre dans l'extrémité supérieure, pénétrant le chapiteau, l'architrave, la » frise et souvent la corniche. Ce mandrin supérieur était saisi au-dessus du chapiteau par » un tirant qui, en passant par dessous l'architrave où il était entaillé de son épaisseur, » liait ensemble les mandrins des colonnes voisines. Personne n'a remarqué s'ils mettaient » encore un autre tirant entre l'architrave et la frise, mais cela est très-vraisemblable : » Quoi qu'il en soit, pour masquer la vue de ces tirans passant par dessous les plates- » bandes, ils revêtissaient l'encastrement de stuc ou de mastic, ou bien, lorsqu'ils voulaient » décorer un édifice avec plus de magnificence, ils plaçaient sous les architraves des » rosettes de bronze attachées à vis dans ces tirans, ce qui les dérobait absolument à » la vue et servait même à contenir solidement ces ornemens. »

Il est à regretter que cet auteur ne nous ait pas fait connaître la source où il a puisé des renseignemens aussi positifs ; mais si, comme il y a lieu de le penser, ce n'était là qu'une opinion formée, comme l'autre, dans l'ignorance des véritables procédés, elle décèlerait au moins une connaissance plus approfondie du mécanisme de la construction,

corniches rampantes qui le recouvrent, il devenait difficile de combiner l'appareil de manière à éviter l'effort qu'elles devaient exercer sur les angles du frontispice. On le tenta pourtant; c'est ainsi qu'au fronton du petit temple de Pæstum, *chaque morceau de la corniche rampante fait en même temps partie des assises horizontales du tympan*, Figure 1, Planche CXLIX [1]. Tout en rendant justice au mérite de cette disposition, on ne peut s'empêcher d'y reconnaître beaucoup plus d'adresse pour l'exécution, que d'expérience dans la pratique. Au reste, c'est le seul fronton exécuté de la sorte [2] : partout ailleurs, en Grèce comme en Italie, le mur du tympan forme un triangle sur les pentes duquel posent les assises inclinées qui portent la saillie des corniches rampantes. Il était néanmoins impossible de croire que les anciens eussent négligé les mesures que la prudence exige dans ces circonstances; aussi l'éveil donné à cette étrange question amena-t-il bientôt la découverte des moyens auxiliaires à l'aide desquels ils avaient réduit l'action de cet ensemble au seul effort de sa pesanteur. Cette nouvelle direction donnée à l'étude des monumens de l'antiquité, nous mit enfin à même de reconnaître, par une série d'observations analogues, jusqu'à quel point les anciens avaient étendu leur prévoyance éclairée.

On doit se rappeler qu'en parlant de la situation des centres de gravité au deuxième Livre de cet ouvrage, nous avons dit, page 15, que, dans les prismes, les cylindres et les parallélipipèdes, le centre de gravité se trouvait situé sur l'axe, à moitié de leur hauteur; et qu'en général la stabilité des solides de même base diminuait en raison de la hauteur de leur centre de gravité : en sorte que pour un cylindre qui, comme une colonne corinthienne, par exemple, aurait en élévation neuf fois le

[1] Ce détail est tiré du précieux travail de M. A. Leclere, architecte, sur le Panthéon de Rome.

[2] Au grand temple de la même ville, la corniche du fronton forme une assise rampante de chaque côté du tympan. L'exemple précédent peut autoriser à penser que le fer ou le bronze remplacent ici l'effet de l'appareil. Au reste, cette supposition, toute gratuite de notre part, n'est cependant pas dénuée de quelque fondement, car on retrouve des traces évidentes de scellemens entre les tambours des colonnes de ce temple, Figure 2; et, sur la frise du troisième monument désigné sous le nom de Basilique, on remarque un refouillement en forme de canal, Figure 3, qui règne tout autour du péristyle extérieur, et auquel on ne peut attribuer d'autre destination que celle de recevoir une chaîne pour relier l'édifice. *Voyez les Ruines de Pæstum, par M. Delagardette.*

diamètre de sa base, la stabilité ne serait plus que comme la neuvième partie de son poids.

Ce rapport de stabilité, entre la hauteur des colonnes et le diamètre de leur base, se trouve réduit à moins du douzième dans les portiques, par la charge des entablemens et des plafonds qu'elles supportent. Il est vrai que ces points d'appui isolés se prêtent un mutuel secours sur la longueur des péristyles, par la continuité des assises qui les relient; mais les plates-bandes et plafonds qui les rattachent aux murs du temple, ne leur procurent qu'un bien faible soutien : en effet, comment admettre pour garant de la stabilité des ailes des temples, le frottement seul des pierres des soffites, en supposant même que le pied des combles n'exerçât aucun effort contre elles [1] ?

A ne considérer, comme on l'a fait pendant long-temps, les temples des Grecs et des Romains que sur des représentations faites dans le sens de l'art, où des lignes purement décoratives remplacent à dessein les indications des joints, et donnent à l'ensemble l'aspect d'un tout dont les parties sont parfaitement reliées entre-elles, on conçoit qu'au premier abord le jugement porté soit conforme à l'impression qu'on a reçue; mais dès qu'on aura examiné l'appareil dans tous ses dé-

[1] La stabilité précaire des colonnes peut être facilement observée dans celles qui sont composées d'un grand nombre d'assises, ainsi qu'on en peut juger par le fait suivant, dont nous avons été témoin. Après que les colonnes du portail de l'église de Sainte-Geneviève furent couronnées de leurs chapiteaux, un manœuvre, en se balançant après les ancres de fer qui dépassaient le tailloir de la hauteur des sommiers de l'architrave, s'aperçut qu'il imprimait un mouvement à la colonne. Comme on niait la possibilité de ce mouvement, il continua le même exercice, et parvint à rendre cet effet sensible à tous les assistans. Instruit de cet événement, M. Soufflot voulut s'en assurer par lui-même. On plaça à cet effet une règle de chaque côté de la colonne et le manœuvre parvint à les faire reculer de deux pouces et demi de leur position primitive. Cette circonstance entra pour beaucoup dans la surabondance des moyens employés pour assurer la stabilité de cette construction.

On trouve dans les mémoires de M. Patte, une autre observation du même genre, non moins propre que celle qui vient d'être citée, à diminuer l'idée qu'on a pu se faire de la stabilité des ordonnances d'architecture. « J'ai observé, » dit-il (page 281 de ses mémoires), « qu'en posant le sommier de l'architrave sur chaque colonne (aux pé- » ristyle de la place Louis XV), quelqu'attention qu'on y apportât; son fût faisait » toujours des vibrations, et sortait de son aplomb quelquefois jusqu'à 4 ou 5 pouces; » mouvement qu'on doit attribuer à l'action du levier qui agit en raison de sa longueur. » Il est même à croire que si la colonne était d'une seule pièce, elle produirait lors de cette » pose encore plus d'effet, attendu que les tambours des colonnes, quoique bien liés » ensemble, tant par les mandrins (ancres) qui les pénètrent, que par le mortier, ne lais- » sent pas de faire perdre d'assise en assise une partie de cette action. »

tails, on sera forcé de convenir qu'on a été trompé par un ingénieux artifice [1].

Cette observation, qui semblait jusqu'ici avoir échappé à la plupart de ceux qui ont étudié les anciens monumens, sera plus facilement sentie aujourd'hui, que les travaux des pensionnaires de l'académie de France à Rome ont mis la question dans tout son jour. Les renseignemens authentiques que nous avons puisés dans cette précieuse collection, contribueront sans doute à fixer désormais l'opinion à cet égard.

On voit dans les Figures 4 et 5 les refouillemens faits dans le marbre pour loger les crampons et scellemens qui reliaient ensemble les pièces de l'architrave et de la corniche au-dessus du porche du temple d'Antonin et de Faustine. Ces détails font partie du beau travail que M. Menage, architecte, a fait sur ce monument.

Les Figures 6 et 7 font connaître l'enchaînement des assises de l'architrave, de la frise, de la corniche et des pierres qui couvrent le péristyle du temple de Vesta à Tivoli, observé par M. Vancleemputt, et consigné dans les études de cet architecte [2].

Dans les deux exemples précédens, l'état de ruine du monument a mis à découvert les traces des moyens auxiliaires dont les anciens faisaient usage; mais, au portique du Panthéon de Rome, il paraissait difficile qu'on parvînt jamais à rien découvrir sans déranger quelque chose, à cause du soin extrême qu'ils prenaient de les dérober à la vue; et, cependant, il devenait intéressant de pouvoir en contaster l'existence. C'est ce qu'a entrepris M. A. Leclerc, architecte, avec un zèle et une sagacité qui ont été couronnés d'un plein succès. La Figure 8, con-

[1] Voyez l'*Introduction*, page viij.

[2] L'enrayure que forme ici l'enchaînement des pierres est si parfaite, qu'on pourrait croire que Palladio avait spécialement cet exemple présent à la pensée, quand il parle, dans son *Traité d'architecture*, de l'emploi que les anciens faisaient du métal, pour assurer la durée des édifices. « Le bronze, » dit il, « se trouve quelquefois employé à la » couverture des édifices publics; c'est aussi de ce métal qu'étaient faites ces petites pièces » que nous nommons *doroni* (mot que l'on peut rendre par celui de *goujons*), qu'ils » plaçaient debout entre les assises, pour que, dans la suite, rien ne pût déranger les » pierres de l'ordre dans lequel ils les avaient posées; ainsi que les crampons qui servaient » à les agrafer les unes avec les autres. *Le grand nombre de morceaux que la nécessité » contraint d'employer à la construction d'un édifice, leur suggéra sans doute ces » moyens, afin que, toutes les parties étant intimement liées ensemble, il pût être considéré » comme formé d'une seule pièce, et devînt par là plus solide et plus durable.* » (Palladio, libro primo, capitolo VI, *de' metalli.*)

struite d'après les indications qu'il nous a fournies, explique mieux, selon nous, qu'on ne l'a fait jusqu'ici, les causes auxquelles ce frontispice doit sa solidité et sa parfaite conservation.

Le même architecte a bien voulu nous donner communication de l'étude particulière qu'il a faite de l'ingénieux arrangement qu'on remarque dans la frise du portique latéral du temple de Jupiter Stator, et c'est à lui que nous devons de connaître toute la perfection de ce travail. N'ayant pu, lors de mon séjour à Rome, trouver l'occasion de monter sur les trois colonnes qui restent de ce temple, il me fut impossible d'apercevoir que le morceau de frise, posé en décharge entre les deux sommiers placés au droit des colonnes, ne portait pas la même hauteur que ces derniers. Bien que, dans l'état actuel, la décharge se trouve descendue jusque sur l'architrave ; on ne saurait néanmoins mettre en doute que, dans le principe, le vide qui existe aujourd'hui entre elle et le dessous de la corniche, ne dût se trouver au-dessus de l'architrave, qui demeurait par-là entièrement dégagé du poids des assises supérieures. On a déjà prévu la poussée qui devait résulter d'une semblable disposition ; mais, bien loin d'être en défaut dans cette circonstance, la prudence des anciens se montre ici dans tout son jour; et cependant on voit, par les Figures 9 et 10, qu'ils ont presque uniquement compté sur le secours du métal pour mettre en jeu cet ingénieux mécanisme[1].

On peut conclure, de tout ce qui précède, que l'architecture grecque n'a jamais présenté par elle-même, aux anciens, toutes les conditions d'une stabilité suffisante; et que si le goût, ou l'état peu avancé de l'art de l'appareil, n'eussent pas fixé chez eux certaines limites à l'espacement des colonnes[2], nous nous serions vraisemblablement rencontrés avec eux dans la manière d'exécuter en grand le diastyle ou l'aræostyle pour les frontispices des temples.

[1] Les scellemens pratiqués entre la partie des pieces de l'architrave et le dessus des chapiteaux, avaient aussi été observés par Piranesi, pendant la restauration qu'a subi de son temps le portique d'Octavie, Figure 11. Nous devons à la vérité de déclarer que nous manquons d'observations à ce sujet pour le Panthéon d'Agrippa et le temple d'Antonin et de Faustine.

[2] Voyez Vitruve, Livre 3, Chapitre 3.

NOTE

SUR LES TEMPLES DE L'ATTIQUE.

C'est à l'importance donnée à l'observation des détails de construction dans les travaux de MM. les architectes pensionnaires de l'académie de France à Rome, que nous devons, sans doute, de pouvoir rapporter aujourd'hui de nouveaux exemples de l'enchaînement des pierres dans les temples antiques, puisés dans les plus beaux ouvrages de ce genre encore existant en Grèce. La Figure 12 donne la moitié du temple de Némésis, découvert récemment par des architectes anglais, dans l'ancienne citadelle de Rhamnus. On voit que, quant à la forme et à la grandeur, ce temple est à peu près semblable à celui de Thésée à Athènes.

La partie du plan pris au-dessus des architraves AA, fait voir les crampons de fer, en forme de double T, qui relient entre elles toutes les pièces qui posent sur les colonnes. Dans chacun de ces morceaux, ceux des angles exceptés, il y a deux trous destinés à recevoir les scellemens de métal qui liaient la frise à l'architrave.

L'autre partie du plan indique les poutres des plafonds BB, reposant sur le lit supérieur des blocs qui forment la corniche CC.

La Figure 13 est la coupe du frontispice, prise au milieu des colonnes; le détail D offre une autre coupe sur une plus grande échelle, prise sur l'axe des colonnes, au droit du mur de la Cella. H est un des crampons dont il a été parlé.

Des détails du même genre ont aussi été observés, par les mêmes architectes, dans plusieurs autres temples de l'Attique, tels que ceux de Cérès et de Diane Propylæa à Eleusis, ainsi qu'aux Propylées de cette ville, dont la disposition rappelle parfaitement celle des Propylées d'Athènes.

Le chapiteau, Figure 14, est un de ceux de l'ordre intérieur de ce dernier édifice. On voit sur le tailloir des trous *aa*, de 4 pouces en carré, sur 3 pouces et demi de profondeur, servant à recevoir les scellemens qui retenaient les poutres de marbre dans leurs portées sur les chapiteaux : ce *sont les petits canaux creusés en pente, par lesquels le plomb fondu était conduit dans les trous des scellemens* [1].

Bien que ces précieux renseignemens eussent pu seuls éclairer la question qui nous occupe, nous ne les plaçons ici que subsidiairement, notre conviction, à ce sujet, ayant été entièrement formée sur les travaux des pensionnaires de Rome.

[1] Ces détails sont tirés de l'ouvrage ayant pour titre : *Unedited antiquities of Attica, comprising the architectural Remains of Eleusis, Rhamnus, Sunium, and Thoricus; by society of dilettanti.* London, 1817.

Armatures de la colonnade du Louvre.

La colonnade du Louvre se compose de deux péristyles d'ordre corinthien dont les colonnes sont accouplées, compris entre trois avant-corps décorés de colonnes adossées et de pilastres du même ordre; le tout est élevé sur un soubassement dont le plan offre la même disposition. L'écartement des colonnes est de 13 pieds 5 pouces ½, mesuré d'axe en axe au droit de l'entrecolonnement; la distance entre les colonnes accouplées est de 5 pieds 4 pouces 6 lignes, et la largeur des péristyles est de 12 pieds.

La difficulté de l'exécution des péristyles du Louvre ne consistait pas dans les plates-bandes qui règnent suivant la longueur de cet édifice; on avait des procédés reconnus pour cela, et d'ailleurs toute la poussée de ces plates-bandes pouvait être facilement maintenue tant par les pavillons des extrémités que par l'avant-corps du milieu. Ce qui méritait principalement l'attention était, non-seulement l'action des plates-bandes des arrière-corps formant un portique de 12 pieds de profondeur lesquelles allant du mur aboutir sur les colonnes, devaient nécessairement pousser au vide; mais encore le poids des larges plafonds en pierre, qui devaient remplir l'intervalle des entrecolonnemens. En effet, par la coupe de leurs claveaux, les plafonds ne pouvaient manquer d'agir à leur tour dans tous les sens, contre les architraves placées au-dessus des colonnes de la façade; en les prenant soit par le flanc, soit par les angles.

C. Perrault, à qui l'on disputait la possibilité de cette construction hardie, parvint à lever toutes les difficultés, et convainquit les plus incrédules. Voici le détail des moyens qu'il mit en usage, et dont le temps a pleinement justifié aujourd'hui le mérite.

Dans le milieu de chaque colonne, il plaça un axe de fer d'environ 2 pouces de gros, divisé en trois parties entées l'une au bout de l'autre, et qui montait dans toute la hauteur de l'ordre. On prétend (car on ne le sait que par tradition) qu'entre chaque assise du fût des colonnes, il y a une croix de fer plat qui embrasse l'ancre du milieu, dont deux branches cramponnent par leurs extrémités l'assise supérieure, et les deux autres, l'assise inférieure.

A plomb de chaque colonne, on plaça un fort sommier M, Figure 1

Planche CL, de toute la hauteur de l'architrave, à travers lequel passe la continuation de l'ancre de la colonne : on posa ensuite tous les claveaux des architraves taillés à crossettes [1], tant suivant la longueur du péristyle que sur sa profondeur; entre les joints desquels on inséra des fers en forme de Z, indiqués par cette lettre sur la figure, d'environ 15 pouces de long, cramponnés par le haut dans l'un des claveaux et par le bas dans l'autre; ce qui leur procure un appui très-solide.

Sur la tête des claveaux de l'architrave, on fit une tranchée dans le milieu pour recevoir les tirans horizontaux H, Figure 2, et B, Figure 1, d'environ 2 pouces de gros, qui servent à lier ensemble les axes des colonnes au droit des entrecolonnemens et des colonnes accouplées.

Perpendiculairement à ces tirans, il en fut placé à la même hauteur, vis-à-vis chaque couple de colonnes, trois autres K, K, L, dont les deux premiers, KK, sont fixés par une de leurs extrémités aux ancres de chaque colonne, et par l'autre dans une ancre *a*, placée derrière le mur du péristyle. Le troisième tirant L, intermédiaire, est accroché d'une part au milieu du tirant H, et est aussi retenu de l'autre par une ancre *a*, placée entre les deux précédens. La figure 3 fait voir en S, T, S, la coupe de ces tirans et leur situation.

Après cette opération on continua d'élever la frise suivant la longueur du bâtiment : quand on eut posé les sommiers Q, N, Figures 1 et 4, à plomb des colonnes, en les faisant toujours pénétrer par l'ancre, on plaça un second rang de claveaux, en mettant encore entre leurs joints de grands Z, semblables à ceux qui avaient été employés précédemment pour l'architrave; ensuite on construisit les plafonds dont les voussoirs furent disposés comme on peut le voir en coupe en dessus et en dessous par les Figures 3, 5 et 6.

Sur le sommet des claveaux de la frise, on fit des tranchées, comme on en avait fait sur ceux de l'architrave, pour recevoir d'autres tirans horizontaux V, Figures 1 et 5; au milieu des couples de colonnes, ces tirans sont accrochés perpendiculairement par d'autres I, qui les relient avec le mur; quant aux ancres qui répondent au centre des colonnes,

[1] Le mot crossette doit s'entendre ici du redressement de la coupe dans une certaine longueur, au droit de l'arête inférieure de l'architrave, et non de claveaux taillés comme ceux de la porte dorée du palais de Dioclétien, à Spalatro, dont il a été question au troisième livre.

ils sont rattachés au mur par des tirans X, Figures 3, 5 et 7, disposés diagonalement au-dessus des plafonds des péristyles.

Les détails qu'on vient de lire sont extraits en partie des mémoires d'architecture de M. Patte, déjà cités dans cet ouvrage. Il est à regretter que Perrault ne nous ait laissé aucune description de cet important ouvrage. Au reste ce système d'armature laisse peu de chose à désirer. On remarquera seulement, que si l'on avait élégi, entre les deux plates-bandes le segment *sgm*, Figures 1 et 4, la seconde plate-bande aurait pu servir à assurer la solidité de la première, au lieu de la surcharger de son poids, comme elle paraît le faire dans ces Figures.

On ne peut non plus s'empêcher de reconnaître quelque surabondance dans les moyens employés pour assurer la solidité de cet ouvrage. Les chaînes diagonales X, par exemple, paraissent absolument inutiles. On a même observé que les clavettes jouent dans les nœuds de ces chaînes, ce qui prouve leur inaction dans l'ensemble du système. Au reste, on peut croire que Perrault aura été conduit à ces moyens démonstratifs, par la nécessité de lever toutes les difficultés et les inquiétudes que le ministre Colbert, et les architectes qu'il lui avait adjoints, avaient manifestées au sujet de la construction de cet édifice.

Après la construction des plafonds des péristyles, celle des frontons d'une certaine étendue, et qui doivent être élevés sur des plates-bandes, a toujours passé pour très-difficile à bien exécuter. Comme les plates-bandes sont par elles-mêmes peu capables de porter des fardeaux, vu qu'elles ne tirent leur principale force que des chaînes dont elles sont armées, et qu'elles ont en outre une poussée considérable vers leurs extrémités, lorsqu'à cette poussée se joint encore l'effort des corniches rampantes contre ces mêmes extrémi[illegible] il est aisé de concevoir qu'il faut employer beaucoup d'industrie pour faire porter, et contenir à la fois, une pareille masse dans une position aussi désavantageuse. Le premier ouvrage important en ce genre qui ait été exécuté en France, est, sans contredit, le fronton qui termine l'avant-corps du milieu de la colonnade du Louvre, Figure 8.

Sa longueur est de 92 pieds, et sa hauteur 18 pieds, depuis l'entablement jusqu'à son sommet. Il est porté sur huit colonnes corinthiennes accouplées, de 3 pieds 7 pouces de diamètre, qui reposent sur le soubassement qui règne sous l'ensemble de la colonnade.

La construction des plates-bandes est la même que celle des pé-

ristyles; mais il est bon d'observer que celle du milieu a 24 pieds de longueur, et qu'elle bombe au droit de la clef d'environ 1 pouce $\frac{1}{2}$; ce qui a été pratiqué pour prévenir l'affaissement qu'un fardeau aussi considérable pourrait éprouver par la suite.

Les assises de la corniche rampante ont leurs joints montans d'aplomb, et non retournés perpendiculairement à la pente, comme cela se pratique ordinairement. On a placé aux angles en retour de l'entablement, c'est-à-dire aux extrémités du fronton, de très-grands quartiers de pierre, de 8 à 12 pieds de long, qui ont des queues considérables dans les murs, le tout afin de contenir à la fois, et la bascule de la corniche de l'entablement, et l'effort de la corniche rampante, qui pousse au vide dans cette direction.

Nous avons supposé, dans la Figure 8, que le parpaing du tympan du fronton, destiné à recevoir la sculpture, a été enlevé, pour laisser voir tout le mécanisme de sa construction. On y remarquera trois arcs en décharge, dont l'un est ogif, et les deux autres rampans, qui servent à soulager les plates-bandes.

Outre les précautions relatives à l'appareil des pierres, on a lié par surcroît toutes les différentes parties avec des chaînes, des tirans et des crampons qui se trouvent pour la plupart indiqués sur la Figure.

DD, sont deux cours de chaînes placés derrière le tympan, et servant à contenir, par des ancres fixées à leurs extrémités, les deux côtés de la corniche rampante du fronton.

EE, deux rangs de potences de fer carré, destinées à soulager la portée des chaînes DD, au droit du vide de l'arc ogif, et à reporter une partie du poids du tympan sur le gros mur.

FF, crampons dont l'office est de lier le tympan avec les arcs par le haut à leur rencontre, et avec le dessus de la corniche rampante.

D'après le parallèle qu'on peut faire encore aujourd'hui des diverses compositions proposées pour l'entrée du Louvre, et la comparaison des moyens employés par Claude Perrault, à la construction de son projet, avec les procédés en usage à cette époque, on peut être fondé à dire que cet habile architecte avait autant devancé son siècle dans la théorie de l'architecture, que dans l'étude de l'art de bâtir.

Armatures du second ordre, du portail de Saint-Sulpice.

La Figure 9 représente le système d'armatures employé pour les architraves du second ordre du portail de Saint-Sulpice. Les plates-bandes sont doubles, comme à la colonnade du Louvre; et, afin d'empêcher les claveaux de la plate-bande inférieure de glisser, on a percé dans ceux de droite et de gauche, jusqu'à la clef, des trous dans lesquels on a fait entrer des barres de fer F, de 2 pouces de grosseur, soutenues dans leur longueur, de deux claveaux en deux claveaux, par des étriers de fer E, accrochés au tirant horizontal qui va d'une colonne à l'autre. La clef se trouve soutenue par un bout de barre à talon B, qui se raccorde avec les deux autres

La seconde plate-bande, qui comprend toute la hauteur de la frise, porte un peu plus de hauteur que la première; elle est renfermée entre deux chaînes de fer, arrêtées aux axes des colonnes. Pour procurer à ces deux chaînes une résistance capable de contenir les efforts des deux plates-bandes, on a formé un arc en-dessus, avec une forte barre de fer courbée, dont les bouts sont arrêtés par deux talons ménagés aux extrémités de la chaîne supérieure; et, pour lui donner encore plus de fermeté, on a maçonné le vide du segment avec des briques posées en mortier.

A cette espèce d'armature sont accrochés quatre étriers en fer *e*, pour soutenir la chaîne qui porte les étriers de la première plate-bande, en sorte que les deux plates-bandes sont comme suspendues à cet arc, qui est encore chargé du poids des constructions supérieures, dont les pierres ne sont pas en coupe : ainsi, ce moyen, plus compliqué que celui employé à la colonnade du Louvre, ne produit cependant pas une plus grande solidité. Les colonnes de cet ordre sont espacées de 19 pieds 3 pouces d'axe en axe.

Armatures des colonnades de la place Louis XV.

On a suivi pour la construction des plates-bandes de ces péristyles, représentés par les Figures 10 à 17, à peu près les mêmes moyens qu'au portail de Saint-Sulpice, que nous venons de citer, excepté cependant qu'on a supprimé l'arc qui est au-dessus de la seconde plate-bande.

On a percé, de même, dans les claveaux de la plate-bande inférieure, des trous pour y faire entrer des barres de fer horizontales, qui traversent les claveaux de droite à gauche, jusqu'à la clef.

Les barres sont aussi soutenues par des étriers qui s'agrafent à la chaîne générale placée sur l'extrados. Cette chaîne se trouve soulagée de l'effort de ce poids par d'autres étriers qui s'accrochent à des barres placées sur l'extrados de la plate-bande supérieure, qui se trouve, par cette disposition, chargée de l'effort des deux plates-bandes et des parties supérieures qui ne sont pas en coupe, mais cramponnées en-dessus. Il est bon d'observer, à ce sujet, que ce moyen ne peut pas empêcher les joints de ces assises de s'écarter par le bas et de peser sur les plates-bandes. Si l'on eût voulu prévenir cet effet, il eût fallu, au contraire, cramponner les pierres par dessous, parce qu'alors, leurs joints ne pouvant pas s'ouvrir, elles se soutiennent comme une plate-bande.

Nous ferons encore remarquer que la continuité des plans de joints dans ces deux plates-bandes, contribue à former un énorme coin susceptible d'agir avec bien plus de force que dans les plates-bandes du Louvre, où les joints des claveaux ne se trouvent pas dans la même direction.

Les explications dans lesquelles nous sommes entrés au sujet des exemples précédens, mettront à même d'apprécier le mérite et les défauts de la Figure 18, qui représente une des plates-bandes du Palais-Royal, ainsi que des Figures 19 et 20, tirées des Mémoires de M. Patte, et que cet architecte propose comme modèle pour ce genre de construction

Armatures du portail de l'église de Sainte-Geneviève.

Sur la fin de 1770, lorsque je fus chargé, par G. Soufflot, de tous les détails relatifs à la construction de l'église de Sainte-Geneviève, les colonnes du porche et les murs extérieurs de l'édifice étaient élevés jusqu'au-dessus de l'astragale.

Dans l'intérieur, on avait posé l'entablement aux piliers du dôme, et trois assises au-dessus formant socle. Tous les chapiteaux des colonnes isolées étaient en place, ainsi que la partie de l'architrave formant sommier.

Il s'agissait alors de poser les chapiteaux des grandes colonnes du porche, et de faire les plates-bandes et les voûtes. La grande portée des unes et des autres, *jointe au peu de résistance des colonnes*, avait déjà fait essayer plusieurs projets dont on était peu content. La difficulté était

non-seulement de contenir la poussée des plates-bandes, mais de les construire de manière à former une espèce d'enrayure qui, loin de pousser, pût contenir les efforts de la grande voûte du milieu du porche et des plafonds.

L'idée de G. Soufflot était d'élégir les parties au-dessus des plates-bandes par des arcs, dont il fallait encore contenir la poussée. Après y avoir bien réfléchi, je trouvai qu'il était possible de détruire un effort par l'autre, en suspendant, pour ainsi dire, une partie de chaque plate-bande aux voussoirs inférieurs de l'arc en décharge placé au-dessus. Pour mieux faire comprendre ce mécanisme, je fis un modèle, à pouce pour pied, qui fut accepté, et je fus chargé de suivre l'exécution.

L'idée de ce moyen est le résultat de plusieurs expériences que j'avais faites, afin de parvenir à connaître la manière dont les voûtes agissent lorsque les pieds droits sont trop faibles pour résister à leur effort. J'avais éprouvé que, dans un arc placé sur des pieds droits trop faibles, en suspendant un poids à des fils qui passaient dans les joints, à une certaine hauteur la poussée de la voûte se trouvait supprimée.

Description.

Ces plates-bandes ont 16 pieds 3 pouces de portée (5 mètres 279 millimètres), et 21 pieds 1 pouce (6 mètres 523 millimètres) d'un axe de colonne à l'autre; leur largeur est de 4 pieds 10 pouces (1 mètre 570 millimètres), sur 3 pieds 4 pouces 6 lignes de hauteur (1 mètre 10 centimètres): Elles sont divisées en 13 claveaux, formant trois évidemens *a*, *b*, *c*, à l'intérieur. Les sommiers de ces plates-bandes sont inclinés de 17 degrés $\frac{1}{2}$.

Au lieu d'une double plate-bande, comme aux colonnades du Louvre et de la place Louis XV, on a construit, au-dessus de chacune de ces plates-bandes, un arc qui leur sert en même temps de soutien et de décharge; il est érigé sur les mêmes sommiers que les plates-bandes. Le rayon de cet arc, qui comprend 120 degrés, est de 9 pieds 8 pouces (3 mètres 140 millimètres), tandis que celui de l'arc AB, que comprend la plate-bande, est de 22 pieds (7 mètres 146 millimètres). L'arc est divisé en 13 voussoirs extradossés carrément.

On voit, par la Figure 1 de la Planche CLI, que l'appareil est disposé de manière que les sommiers de chaque plate-bande ont une

double coupe qui les rend communs à l'arc et à cette plate-bande. Le derrière des deux premiers voussoirs de cet arc posés sur chaque sommier, forme un joint d'à plomb dans lequel sont placés, de chaque côté, deux ancres de fer *c*, *d*, *e*, *f*, auxquels sont accrochés des étriers LM, GH, qui supportent les sept claveaux du milieu réunis par un fort boulon *r s*, qui les traverse. Il résulte de cet arrangement, qu'en faisant abstraction des chaines et autres moyens employés pour résister à la poussée des arcs et des plates-bandes, ces efforts se détruisent mutuellement : car il est évident que la plate-bande ne peut agir qu'en tendant à rapprocher les premiers voussoirs de l'arc auquel elle est suspendue; tandis que, d'un autre côté, cet arc, chargé d'une partie du poids de la plate-bande, ne peut céder à cet effort sans soulever la plate-bande à laquelle sont accrochés les étriers qui empêchent les premiers voussoirs de s'écarter [1].

D'après ce procédé, on aurait peut-être pu diminuer le nombre des fers employés à cette construction, tels que les T, les barres qui les enfilent, et les étriers marqués N. Il suffisait de quelques goujons scellés dans les joints, afin d'empêcher les claveaux de glisser ou d'agir comme des coins; mais tous ces moyens réunis forment une enrayure capable de soutenir l'effort des voûtes de l'intérieur, disposées d'ailleurs de manière à en avoir le moins possible.

Ce magnifique portail compte aujourd'hui près de soixante années d'existence. Dans cet intervalle, le bas-relief du fronton a été renouvelé deux fois, et les grands rainceaux qui décoraient la frise abattus, sans qu'il se soit manifesté le plus léger effet dans aucune de ses parties.

(1) Il résulte des calculs auxquels je me livrais dans le temps, pour déterminer l'effort que ce système devait exercer sur ses points d'appui, que, pour faire équilibre à la poussée de la plate-bande et de l'arc réunis, chaque pied-droit aurait dû avoir 5 pieds 6 pouces de large, sur 13 pieds 2 pouces d'épaisseur, pour 70 de hauteur; ou, ce qui revient à peu près au même, être formé de deux colonnes accouplées, comme à la colonnade du Louvre.

DEUXIÈME SECTION.

SYSTÈMES DE CONSTRUCTIONS EN FER FORGÉ.

C'est à l'idée étrange d'avoir voulu assimiler l'architecture aux arts d'imitation, qu'il faut attribuer la longue enfance de l'art de bâtir chez les anciens. Le retard où il se trouva, comparativement aux autres arts, vient, sans doute, de ce qu'après avoir étudié les formes et proportions sur des modèles de charpente, le goût se trouva fixé avant qu'on eût pu connaître d'autres résultats. Dès que l'architecture eut un type reconnu, le choix des matières propres à le reproduire devint, comme dans la sculpture, uniquement subordonné à la grâce ou à la durée qu'elles pouvaient procurer à l'ouvrage. Mais, comme les qualités du bois ne se retrouvent nulle part sous un même volume, des imitations de ce genre, en pierre ou en marbre, devaient nécessairement présenter une force surabondante dans quelques-unes de leurs parties, et, dans d'autres, une faiblesse extrême. Cependant, bien loin d'être arrêtés par toutes les difficultés qu'ils durent rencontrer dans cette métamorphose, les anciens s'appliquèrent à pallier les invraisemblances les plus choquantes, et parvinrent, à force d'art, à faire oublier l'impropriété de la matière.

L'étude exclusive des formes les empêcha toujours de reconnaître que les seuls rapports qui puissent exister entre les divers genres de construction ne résident que dans les principes communs, base des différens systèmes de leurs combinaisons. C'est ainsi que, lorsqu'ils voulurent substituer le métal au bois, pour former le comble du portique du Panthéon de Rome (Planche XXVIII, Figure 17), au lieu de se rendre compte des dimensions qu'il convenait de donner aux pièces de bronze, dans l'assemblage d'une ferme, ils se contentèrent d'imiter les arbalétriers et les entraits dans les formes et proportions qu'ils auraient eues en charpente.

Il est facile, au reste, de concevoir que l'art de bâtir soit demeuré s long-temps stationnaire, quand on fait attention que chez les anciens la forme et la disposition des édifices furent en quelque sorte consacrées. Dans la suite, lorsque cet art parvint à s'affranchir des limites dans lesquelles il avait été retenu par des motifs de pure convention, on le vit prendre son essor, et atteindre, en plus d'un genre, au dernier degré

du possible. Les temples de la Paix et de *Minerva medica* sont encore d'imposans témoignages de ce qu'ils ont osé en maçonnerie ; et d'après un passage d'Ælius Spartianus, dans la vie d'Antonin Caracalla, on peut être fondé à croire qu'ils perfectionnèrent aussi l'emploi du métal dans les constructions. « Il reste de cet empereur, dit-il, des thermes d'une » grande magnificence, et qui portent encore son nom. C'est dans cet » édifice que se trouve cette salle *Soleare*, dont la structure parait » inimitable aux architectes même. *On dit en effet que le reseau de sa* » *voûte est entièrement composé de barres de cuivre ou de bronze ;* et sa » largeur est si grande, que de savans mécaniciens sont portés à en nier la possibilité [1]. »

[1] Reliquit thermas nominis sui eximias; quarum cellam solearem architecti negant posse allâ imitatione, quâ facta est, fieri. *Nam ex ære, vel cupro cancelli superpositi esse dicuntur*, quibus cameratio tota concredita est ; et est tantum spatii, ut idipsum fieri negent docti mechanci. *Ælius Spartianus in vitâ Antonini Caracallæ*, édit. de Robert Étienne. Paris, 1544, page 186.

CHAPITRE PREMIER.

DES PLANCHERS ET DES VOUTES EN FER.

Comme les propriétés du fer forgé sont absolument les mêmes que celles du bois, sous un volume beaucoup moindre, il en résulte que les élémens des combinaisons propres à l'emploi de ce métal, sont, à quelque modification près, les mêmes que ceux des combinaisons de charpente.

En parlant de la raideur du fer, au premier livre de cet ouvrage (2ᵉ. Sec., chap. 4ᵉ.), nous avons dit qu'une barre de fer ne se soutient pas sans plier à une plus grande longueur qu'une barre en bois de chêne de même grosseur; mais nous avons observé que le poids du fer étant à celui du bois de chêne à peu près comme 17 est à deux, il doit en résulter que la raideur de ces deux matières est en raison inverse de leur pesanteur spécifique; et que leur grosseur, pour résister à un même effort, doit être comme $\sqrt{17}$ est à $\sqrt{2}$, à très-peu de chose près comme 3 est à 1; ainsi, pour remplacer une solive en bois de chêne de 6 pouces de grosseur, il faudrait une barre de fer d'un peu plus de 2 pouces en carré sur même longueur, ce qui ne procurerait pas d'économie pour les planchers en fer.

PREMIÈRE OBSERVATION.

Il est à propos de remarquer que les solives ou barres soutenues horizontalement par leurs extrémités, résistent à l'effort qui tend à les faire plier, en raison de leur longueur, de leur épaisseur et de la raideur de la matière dont elles sont formées. Si l'on ne considère que leurs dimensions, leur résistance sera exprimée par la moitié de leur poids, multiplié par le carré de leur épaisseur verticale, et le produit divisé par la moitié de leur longueur.

Une solive en bois de chêne de 12 pieds de longueur sur 6 pouces en carré de grosseur, produit 3 pieds cubes; lesquels, à raison de 64 livres, donnent pour son poids 192 livres. Une barre de fer de même longueur, dont la grosseur serait en raison inverse de la pesanteur du fer comparée à celle du bois, pèserait le même poids. Si l'on indique les dimensions de la solive et celles de la barre en pouces, on aura pour la résistance de la solive, d'après ce qui a été dit, $\frac{96 \times 36}{72}$, qui se réduit à 48, et pour la

barre de fer $\frac{96 \times 4\frac{1}{11}}{72}$ qui se réduit à 5 $\frac{5}{11}$; mais comme le fer a 8 fois $\frac{4}{5}$ plus de raideur que le bois, on trouvera, pour l'expression de la solive, 48×1, qui donne 48, et, pour celle de la barre de fer, $5\frac{5}{11} \times 8\frac{4}{5}$, qui donne aussi 48.

Pour éviter d'employer de grosses barres, on a imaginé des espèces de fermes ou armatures, qui donnent plus de raideur au fer, et en augmentent la force en plus grande raison que le poids[1]. Voici les résultats des expériences que j'ai faites sur deux armatures composées d'une barre courbée en arc, et d'une barre droite qui en formait la corde. Ces armatures, représentées par les Figures 1, 2, 3, 4, 5 et 6, Pl. CLII, avaient 12 pieds de portée entre les appuis; l'une était formée en fer plat et l'autre en fer carré.

La barre formant l'arc de la première avait 28 lignes de largeur sur 7 lignes d'épaisseur, pesant 62 livres $\frac{1}{4}$; elle était posée de plat.

La barre droite formant la corde de l'arc, posée de plat comme la précédente, avait 27 lignes de largeur sur 9 d'épaisseur; elle pesait 67 livres $\frac{1}{2}$.

L'assemblage de ces deux barres, sans moises ni poinçons, étant posé sur deux appuis éloignés de 12 pieds, la barre horizontale pliait vers le bas de 9 lignes. La distance au milieu, entre l'arc et la barre droite, était de 7 pouces.

Ayant suspendu au milieu de la barre courbe un poids de 112 livres, la distance au milieu, entre les barres, n'était plus que de 5 pouces $\frac{1}{2}$, et la barre droite ne pliait plus.

Sous un poids de 217 livres, placé de même, la barre droite pliait vers le haut de 8 lignes, et la distance au milieu, entre les barres, était réduite à 4 pouces 3 lignes; les flancs renflaient d'environ 3 lignes.

Sous un poids de 387, les deux barres se sont jointes au milieu; la barre du dessus présentait une double courbure irrégulière, qui formait d'un côté un renflement de 2 pouces et de l'autre de 3 pouces $\frac{1}{2}$. Cette inégalité

[1] C'est à M. Ango, architecte juré expert, qu'est due l'invention de ces armatures. Les commissaires, nommés par l'Académie royale d'Architecture pour examiner un plancher de 19 pieds de long sur 16 pieds de large, construit de cette manière à Boulogne près Paris, dans une maison de M. Pankoucke, s'expriment ainsi dans leur rapport, en date du 13 juin 1785. *Nous l'avons trouvé très-solide, sans aucun fouet ni ébranlement, quelqu'effort qu'on fasse en sautant dessus.* On en trouve les détails dans l'encyclopédie, aux mots VOUTES et PLANCHERS en fer.

Ils terminent leur rapport en disant : *Il est donc à désirer que le procédé de M. Ango soit mis en pratique par tous les constructeurs, afin qu'un grand nombre d'exemples viennent confirmer la bonne opinion que nous a donnée l'essai dont nous rendons compte.*

de résistance a fait que le renflement s'est porté tout à coup d'un seul côté, où il avait 4 pouces 7 lignes.

La même armature, maintenue par un poinçon au milieu, et deux moises pesant en tout 125 livres, étant chargée au milieu d'un poids de 160 livres, s'est maintenue sans aucun effet sensible.

Sous un poids de 417 livres, cette armature baissait, au milieu, de 3 pouces 2 lignes.

Une autre armature de même longueur, et disposée de même, composée de barres carrées d'un pouce de grosseur, pesant 101 livres, avec le petit poinçon et ses deux moises, étant posée sur deux appuis éloignés de 12 pieds, sans charge, la barre horizontale pliait au milieu vers le bas de 2 lignes.

La même chargée au milieu d'un poids de 318 livres, la barre horizontale pliait vers le haut de 3 lignes; cette charge augmentée de 118 livres, au bout de 24 heures, la barre horizontale ne pliait plus; elle était parfaitement droite et de niveau.

DEUXIÈME OBSERVATION.

Nous avons dit ci-devant que la force des barres de fer de même longueur, posées horizontalement sur deux appuis à leurs extrémités, était en raison directe du carré de leur épaisseur verticale. Dans les armatures dont il s'agit, toute la force consiste dans la barre courbée en arc, retenue par la barre horizontale qui lui sert de corde. Cette combinaison est maintenue par le petit poinçon et les moises qui l'empêchent de changer de forme; d'où il résulte que l'épaisseur, au milieu, se trouve avoir 7 pouces 4 lignes pour les armatures en barres plates, et 8 pouces pour celles en barres de fer carré d'un pouce; la flèche de la barre courbée en arc étant de 6 pouces, sur 12 pieds de corde.

D'après ce que nous avons ci-devant expliqué, Livre Ier., page 292, il résulte que la force d'une barre de fer courbée en arc, et entretenue comme les armatures dont il vient d'être question, est à celle d'une barre droite de même grosseur comme sa circonférence intérieure est au double de la flèche qui mesure sa courbure.

La grosseur de la barre de la première armature étant de 28 lignes de largeur sur 7 d'épaisseur, on trouvera, comme à l'indication précédente, que sa force absolue est de 63,840. Sa longueur entre les appuis étant de

12 pieds ou 1,728 lignes, l'expression de sa force relative sera $\frac{63840 \times 49}{1728}$, qui se réduit à 1,810 pour cette barre droite posée en linteau. La même barre, courbée en arc, a son contour intérieur de 1,734 lignes, et la flèche de courbure 72 lignes, ce qui donne pour l'expression de sa force relative $\frac{1810 \times 1734}{144}$, qui se réduit à 21,795. Mais la charge qui commence à faire plier une barre de fer n'étant qu'environ la centième partie de la force relative qui la ferait rompre, on aura pour son expression près de 218, qui ne diffère pas beaucoup de ce que donne l'expérience; car si de 218 on ôte 62 livres $\frac{1}{2}$ pour la moitié du poids de l'armature, il restera 156 $\frac{1}{2}$, au lieu de 160 qu'a donné l'expérience.

Pour l'autre armature dont les barres avaient 12 lignes de grosseur, on aura $\frac{46080 \times 144}{1728}$, qui se réduit à 3,840 pour une barre droite, et pour la barre courbe $\frac{3840 \times 1734}{144}$, qui se réduit à 46,240, dont le centième 262 $\frac{4}{10}$ indique la charge sous laquelle l'armature commence à plier en-dessous. Si de 462 $\frac{4}{10}$ on ôte 50 livres $\frac{1}{2}$ pour la moitié du poids de l'armature, le surplus sera 411 $\frac{9}{10}$, qui ne diffère pas beaucoup de 418 que donne l'expérience.

RÉSUMÉ.

Il résulte de ces experiences que les calculs qui y ont rapport peuvent être appliqués à toutes sortes de fermes ou armatures, soit pour des voûtes, soit pour des planchers en fer et autres ouvrages du même genre.

Les Figures 7, 8, 9, 10, 11 et 12 (même Planche) représentent des armatures pour un plancher en briques creuses, avec les détails des ajustemens pour l'assemblage des pièces dont elles se composent; on y a joint la forme des briques creuses qu'on y a employées, sous les n°s. 13, 14, 15 et 16.

Ce plancher a 20 pieds de largeur dans œuvre, les murs ont 18 pouces d'épaisseur; il est formé par des armatures, comme les précédentes, composées de deux barres, dont une, courbée en arc, est retenue par l'autre, qui forme la corde de cet arc. Cette armature est entretenue dans sa longueur par sept brides ou petites moises qui la divisent en huit parties égales.

Les barres ont chacune 30 lignes de largeur, un pouce d'épaisseur, et sont posées de plat; la flèche de courbure de l'arc est de 6 pouces, c'est-à-dire d'un quarantième de la longueur dans œuvre de l'armature. Ces brides servent à maintenir l'arc et empêcher les barres de s'écarter plus que la courbe ne l'exige; mais comme elles pourraient se rapprocher, on a placé entre les deux barres, au milieu de chaque bride, des petits potelets de fer qui empêchent ce second effet; en sorte que l'ensemble de l'armature ne peut pas changer de forme.

Ces armatures sont reliées entre elles par huit rangs d'entre-toises, composées de barres de 18 lignes de largeur sur 9 lignes d'épaisseur, terminées par des crochets qui embrassent les grandes barres droites formant les cordes des armatures. Les intervalles entre les armatures sont bandés en briques creuses, maçonnés en plâtre, en prenant les précautions convenables pour obvier au gonflement dont il est susceptible. Au-dessus de chaque armature est un tirant de fer plat, qui s'accroche, ainsi que la barre droite de l'armature, dans une même ancre placée à l'extérieur des murs.

Les Figures 17, 19 et 21 indiquent des armatures pour des voûtes aussi en poteries creuses, comprises entre deux circonférences concentriques. Cette combinaison forme des segmens dont les cordes se relient de manière à empêcher le redressement des courbes, et à diminuer l'effort contre les murs extérieurs.

Les Figures 18, 20 et 22 représentent des armatures dans le même genre pour des voûtes qui doivent être extradossées de niveau pour former plancher.

Dans la Figure 21, le demi-cintre est divisé en six voussoirs, comprenant chacun un arc de 15 degrés; en sorte que le rayon DC est au rayon EC comme le sinus total est à la sécante de 15 degrés, comme 1000 est à 1035, comme 30 est à 31, et que ED est environ la trentième partie du rayon DC. Ainsi ce rayon, étant supposé de 5 mètres ou 15 pieds, donnera pour l'intervalle ED 166 millimètres ou 6 pouces. Les arcs concentriques qui renferment cet espace ont pour épaisseur le quart de ED, c'est-à-dire 42 millimètres ou 18 lignes. La grosseur des barres formant les cordes des segmens, est les $\frac{2}{3}$ de celle des arcs, c'est-à-dire 28 millimètres ou 1 pouce. Les petits potelets formant poinçon ont la même épaisseur. Ces armatures posées à un mètre et demi de distance, et réunies par des entre-toises ou barres

de fer coudées par les bouts, placées alternativement, peuvent être garnies en poteries creuses, et avoir une très-grande solidité, étant couvertes à l'extérieur en plomb, si elles sont à l'air et ravalées en plâtre à l'intérieur. Pour former l'enduit intérieur, on peut attacher aux arcs, avec des crochets, des vis ou autres moyens, des contre-lattes en bois pour y clouer le lattis et faire l'enduit comme un plafond.

La Figure 22 indique la manière de former un plancher de niveau au-dessus d'une voûte en plein cintre. Cette armature, ainsi que celles des Figures 18 et 20, ne diffèrent de la précédente que par le prolongement des barres horizontales EH et DI, ainsi que celui des petites moises ou entre-toises pour relier le cintre avec les barres horizontales.

Lorsque l'espace entre le cintre et les barres horizontales est considérable, on peut les réunir par des cercles et des barres, comme la Figure 22 l'indique.

Lorsque les voûtes n'excèdent pas 8 à 9 pieds de diamètre, et qu'elles n'ont rien à soutenir, elles peuvent être formées par un demi-cercle en fer, dont l'épaisseur peut être d'une $\frac{1}{2}$ ligne par pied de la circonférence développée, ce qui donne douze lignes $\frac{1}{2}$ pour un diamètre de 8 pieds, et 14 lignes pour un diamètre de 9 pieds.

Pour les revêtir d'un enduit, on peut, comme nous l'avons dit, arrêter en dessous avec des vis, des crochets, ou de quelqu'autre manière, des contre-lattes en bois pour y clouer le lattis, et faire un enduit en plâtre qui ne touchera pas les fers.

Pour les voûtes d'un plus grand diamètre, jusqu'à 15 ou 18 pieds, on peut fortifier les demi-cercles en fer par des barres droites formant un polygone circonscrit. Cette précaution est surtout nécessaire si les courbes sont en fer fondu.

Pour les voûtes depuis 18 jusqu'à 30 à 40 pieds, on formera un polygone entre deux circonférences concentriques, qui se relient comme dans la Figure 19.

Il faut avoir attention qu'il se trouve toujours au sommet de l'arc un segment dont la corde forme une tangente horizontale à la circonférence inférieure, et une autre qui touche cette circonférence vers le milieu des reins, au point où se fait le plus grand effort. Lorsque la voûte est formée par un arc de cercle, cette seconde barre doit toucher le milieu du demi-arc.

CHAPITRE DEUXIÈME.

DES COMBLES

Les Figures 1 et 2, Planche CLIII, présentent des combinaisons pour des combles en fer qui n'auraient pas une grande charge à porter.

Les Figures 3 et 4 indiquent des combles plus solides susceptibles d'être garnis en briques pleines ou creuses, pour des bâtimens à mettre à l'abri des incendies. La Figure 5 est une combinaison projetée par M. Ango, architecte, pour une ferme de théâtre de même dimension que celle du théâtre d'Argentine à Rome, ou du théâtre de l'Odéon à Paris.

La Figure 1, Planche CLIV, représente une des fermes en fer du comble du Théâtre-Français au Palais-Royal, et la Figure 2, une combinaison rédigée d'après notre système par segmens.

Les Figures 1 et 2 de la Planche CLV indiquent le plan et l'élévation d'une des fermes en fer du salon d'exposition des tableaux au Louvre, avec les détails; et les Figures 3 et 4, le plan et l'élévation d'après notre système. Les changemens consistent, 1°. en ce qu'on a placé les demi-fermes A et B, Figure 3, à la suite des barres C et D, qui forment un des angles du cadre de l'ouverture vitrée, au lieu de les placer en avant, comme dans la Figure 1; 2°. en ce que dans l'élévation, Figure 4, on a prolongé la barre *e*, jusqu'au point *b*, ce qui donne à cette ferme plus de force et de stabilité.

Comble et planchers de la Bourse.

A l'époque où nous nous sommes occupé à rechercher les dimensions et combinaisons qu'il convenait d'adopter pour les fers destinés à remplacer la charpente dans les bâtimens, les deux combles dont il vient d'être question étaient les seuls exemples connus de contructions de ce genre. A l'égard des planchers, il en avait été fait quelques essais, mais aucune application importante. Depuis, l'un et l'autre systèmes ont été employés avec succès dans plusieurs édifices.

Les combles et planchers en fer du palais de la Bourse, exécutés sur les dessins de M. Labarre, architecte, tiennent sans contredit le premier rang parmi tous les travaux de ce genre. Nous avons été assez heureux pour obtenir de notre estimable confrère la communication des détails nécessaires pour faire connaître ces ingénieux ouvrages (voyez la Planche CLVI). Nous ne doutons pas que les architectes, qui n'ont pas oublié que M. Labarre doit publier lui-même un ouvrage sur ce beau monument, n'apprécient comme nous cette généreuse condescendance.

TROISIÈME SECTION.

SYSTÈMES DE CONSTRUCTIONS EN FER FONDU.

Relativement à l'art de bâtir, les propriétés de la fonte de fer peuvent être assimilées à celles de la pierre; c'est uniquement à résister aux efforts de pression que les fonctions de l'une et de l'autre doivent se réduire. Ce sont aussi les mêmes principes qui dirigent l'emploi de ces deux matières, en sorte que toutes les combinaisons adoptées dans les constructions en pierre, peuvent, jusqu'à un certain point, convenir aux constructions en fer fondu. Cependant, comme à volume égal, il existe une différence immense entre la résistance du fer et celle de la pierre, et qu'il fût résulté de l'imitation pure et simple des dispositions en usage pour cette dernière, une surabondance de force hors de toute mesure; on reconnut bientôt que les conditions de la stabilité résident autant dans la forme que dans la masse des solides, et l'on pensa, avec raison, que des solides évidés pouvaient remplir le même objet que ceux entièrement massifs, sans compromettre en rien la puissance du système. On n'avait pas prévu, pourtant, que la fonte ainsi employée devait par sa fragilité entraîner les inconvéniens les plus graves dans les constructions qui, comme les ponts, sont exposées à des commotions violentes et réitérées: aussi toutes les tentatives de ce genre n'ont-elles pas été également heureuses, tandis que le succès a été complet dans les combles et les coupoles.

CHAPITRE PREMIER.

DES PONTS.

L'IDÉE d'employer le fer à la construction des ponts est assez ancienne, dit M. Gauthey, et on en trouve l'indication dans les ouvrages italiens du seizième siècle. Désaguliers l'avait renouvelée en 1719, et vers 1755, on a entrepris à Lyon un pont en fer de trois arches de 25 mètres d'ouverture; l'une d'elles était déjà montée sur le chantier; mais cet ouvrage ne fut pas achevé par raison d'économie, et on lui substitua un pont en bois.

Pont de Coalbroockdale.

Pendant la dernière guerre, les prix du bois et du fer étrangers s'étant élevés à un taux excessif, on chercha à introduire le fer des fonderies anglaises dans les travaux de tous genres, et particulièrement dans la construction des ponts en fonte de fer[1].

Le pont de Coalbroockdale, bâti en Angleterre sur la Sewern, de 1773 à 1779, passe pour le premier qui ait été construit en fer. Cet édifice a été projeté et exécuté par deux maîtres de forges célèbres, MM. John Wilkinson et Abraham Darby, et les pièces ont été fondues à Coalbroockdale [2].

Ce pont est formé d'une seule arche, dont le diamètre est de 100 pieds 6 pouces anglais (30 mètres 62 centimètres). Son cintre comprend un arc de cercle de 154 degrés 24 minutes $\frac{1}{2}$, dont la flèche est de 39 pieds 8 pouces anglais (12 mètres 63 centimètres). Son plancher est porté par cinq fermes semblables à celle représentée Figure 1, Planche CLVII, espacées entre elles d'un mètre 49 centimètres. Chaque ferme est composée d'un grand arc intérieur de 211 millimètres de largeur sur 133 d'é-

[1] Stevenson, Description des ponts en fer suspendus. *Edimburg, Philosophical Journal*, n°. x.

[2] Il paraît que, suivant M. Wilson, il existait déjà, avant la construction du pont de Coalbroockdale, un pont en fer, dont l'origine ne remonterait pas aujourd'hui à moins d'un siècle; mais si son existence ne peut être révoquée en doute, il est du moins à présumer, ainsi que l'observe l'Encyclopédie britannique, que son peu d'importance l'a laissé ignoré de la généralité de l'Angleterre.

paisseur, fondu en deux pièces, réunies au sommet par une clef, et deux parties d'arcs concentriques de 146 millimètres d'équarissage qui le terminent sous la sablière ou longrine qui forme le plancher. Cette sablière est encore soutenue par des poteaux ou barres à plomb, dont une est appliquée le long de la culée, et l'autre répond à la naissance de l'arc intérieur. Ces barres sont réunies dans leur hauteur par deux entretoises droites, et vers le haut par une espèce de cintre à double courbure. La partie triangulaire entre la barre d'aplomb, la sablière du haut et le dos de l'arc supérieur est remplie par un cercle qui réunit toutes ces pièces.

Les arcs de cercle sont réunis entre eux par des entretoises qui tendent à leur centre commun, et qui forment des divisions comme celles des voussoirs.

Tout ce système, posé sur des semelles de fer fondu de 10 centimètres d'épaisseur scellées dans la retraite de la culée, est assemblé, dans des mortaises marquées M, Figure 2.

Le dessus du pont est formé par des plaques de fonte qui portent sur les sablières des fermes, et qui sont recouvertes d'une couche d'argile mêlée de scories de charbon pour former la chaussée. Le poids du fer employé est de 178 tonneaux anglais $\frac{1}{2}$ (181,225 kilos, 69).

Il s'est fait des lézardes dans les culées, et particulièrement dans celle de la rive droite, qu'on attribue à quelque vice dans la fondation, et à l'effort des terres que ces culées supportent : il en est résulté la rupture de plusieurs pièces de fer. A cela près l'édifice est parfaitement conservé.

La Figure 3 est une coupe sur la largeur du pont; et la Figure 4 représente une combinaison que je propose, et qui offrirait plus de régularité.

Pont de Sunderland.

Le second pont en fer a été construit en 1795 à Buildwas, sur la Sewern, à peu de distance de Coalbroockdale. On peut juger par la description qui se trouve dans les *Annales des arts et manufactures*, la seule par laquelle le pont de Buildwas soit connu en France, que cet édifice présente, comme le pont de Coalbroockdale, une combinaison de grandes pièces dont la réunion compose un système d'étais analogue à celui des ponts en bois.

Il paraît que l'idée du système des voussoirs qui a été depuis employé aux grands ponts de fonte, est due à Payne, qui en fit le premier essai en 1790 sur une ferme de 27 mètres de rayon, exécutée aux forges de MM. Valkers de Rotheram. Cet essai ayant complétement réussi, M. Rowland Burdon adopta les idées de Payne pour la construction du pont qu'il fit élever, de 1793 à 1796, à Wearmouth, près de Sunderland, sur la rivière de Wear, d'après les dessins de M. Wilson. Cet ouvrage, très-hardi, est le troisième grand pont fait en fer fondu. Il est situé de la manière la plus pittoresque, entre deux rochers escarpés, et élevé de 94 pieds (28 ᵐ,642) au-dessus de la rivière, en sorte que les vaisseaux marchands peuvent remonter jusqu'à trente milles au-delà, en passant sous son cintre à pleines voiles. Figure 1, Planche CLVIII. L'ouverture du cintre est de 218 pieds 9 pouces (71 ᵐ, 91).

Le pont de Sunderland est soutenu dans sa largeur par six fermes, espacées entres elle de 6 pieds, de milieu en milieu. Ces fermes, dont une moitié est représentée par la Figure 2, sont composées, pour ce cintre, de châssis en fer fondu posés les uns sur les autres, comme les voussoirs d'un pont en pierre. Chacun de ces voussoirs a 5 pieds de hauteur (1ᵐ,524), sur 2 pieds 5 pouces de largeur moyenne (736 millimètres). Ils forment trois arcs concentriques de 6 pouces de largeur (153 millimètres), réunis par des montans perpendiculaires à ces arcs, de chacun 2 pieds 3 pouces (380 millimètres) de longueur, sur 2 pouces (51 millimètres de largeur), laissant entre eux un intervalle d'un pied (325 millimètres).

Chaque partie d'arc répondant à ces voussoirs porte une espèce de canal ou rainure, disposée pour recevoir des plates-bandes de fer forgé, qui relient ces voussoirs entre eux d'une manière fort simple, très-solide et très-ingénieuse. Il résulte de cette disposition que le fer fondu, qui est cassant, se trouve relié par le fer forgé, et que la rupture d'une ou de plusieurs pièces n'entraînerait aucun dérangement dans la combinaison du système.

Les propriétés de ces deux espèces de fer sont combinées de la manière la plus avantageuse; savoir, la fonte pour porter, le fer forgé pour relier. Un pont tout en fer forgé aurait été, par son élasticité, sujet à de trop grandes vibrations : la raideur et l'incompressibilité de la fonte la rendent plus propre que le fer forgé à former les voussoirs

des arcs; mais, comme elle est cassante, elle avait besoin d'être maintenue par du fer forgé.

Les fermes sont réunies, de deux en deux voussoirs, par des entretoises en fonte RS, Figure 3, de 6 pieds de longueur; on leur a donné la forme de tubes, afin d'opposer plus de résistance avec moins de matière. Ces tubes sont placés alternativement à l'extrados et à l'intrados des arcs; ils portent à leurs extrémités des espèces de pates, percées de trous pour se relier au moyen de boulons.

Les tympans, ou espaces compris entre les arcs, sont garnis de cercles de fer qui son tangens entre eux ainsi qu'à l'arc d'extrados et au-dessous du plancher du pont, et qui semblent avoir pour objet d'atténuer, par leur élasticité, l'effet des vibrations [1].

Le poids total du fer est de 250 tonneaux anglais (253,819 kil. 50), dont 210 tonneaux (213,206 kil. 70) en fer coulé, et 40 tonneaux (40,610 kil. 80) en fer forgé.

La Figure 4 donne la coupe prise sur la largeur du pont.

La Figure 5 indique une combinaison plus régulière, et qui pourrait être adoptée pour des fermes de pont de ce genre.

Pont de Staines.

Ce pont a été construit en 1802, sur la Tamise, à dix-sept milles de Londres, par le même ingénieur que le précédent. L'intervalle qui s'écoula entre la construction de ces deux ponts fut marqué par diverses tentatives du même genre, qui ne furent pas également heureuses. Un pont de fer qu'on essaya de jeter sur la Tamise, dans le Heresfordshire, tomba aussitôt après le décintrement. Un semblable accident arriva à un autre pont de 180 pieds, qu'on avait établi sur le Tees, à Yarm.

[1] On avait répandu le bruit, à Londres, que le pont de Sunderland avait éprouvé des avaries. Un ingénieur français, qui était alors en Angleterre, l'a visité en octobre 1821, et l'a trouvé en bon état, les courbes bien régulières et les parapets parfaitement alignés. Il remarque cependant qu'on avait placé, à la hauteur de l'arc intermédiaire, des entretoises en croix entre les fermes, de manière à former de grands contrevents; que plusieurs bandes de fer forgé avaient également été placées en contrevents sur les arcs supérieurs, et d'autres petites bandes sur quelques voussoirs. Ces mesures de précaution sembleraient annoncer que la construction avait un peu souffert. Le même ingénieur attribuait les mouvemens qui pouvaient avoir eu lieu à la convexité très-sensible du plancher, circonstance qui tend à diminuer beaucoup la stabilité, surtout pour une arche d'une aussi grande ouverture.

Le pont de Staines est aussi d'une seule arche, de 180 pieds anglais d'ouverture (54^{m},85); son cintre est formé par un arc de cercle dont le rayon est de 271 pieds 1 pouce (79^{m},225); la flèche est de 16 pieds (4^{m},88). Il comprend dans sa largeur six fermes semblables, espacées de 6 pieds de milieu en milieu (1^{m},95). Les arcs de chacune de ces fermes sont composés, comme au pont de Sunderland, avec lequel celui-ci a beaucoup de ressemblance, de châssis en fer fondu formant voussoirs [1]. La largeur des pièces formant les arcs est de 6 pouces (0^{m},162) sur 4 pouces 2 lignes d'épaisseur. Ces arcs sont réunis par des montans qui tendent à leur centre. La largeur moyenne des voussoirs est de 4 pieds 10 pouces (1^{m},474); c'est-à-dire double de celle des voussoirs du pont de Sunderland; ils sont réunis entre eux par des tenons mobiles, qui s'ajustent dans les mortaises pratiquées à chaque bout des parties d'arc A B C D, Figure 2, Planche CLIX. Les arcs de chaque ferme sont réunis par des espèces de moises, ou entretoises évidées D E, placées au droit des joints des voussoirs, et entretenues par des clavettes qui servent aussi à fixer les tenons qui réunissent les voussoirs.

Les tympans sont remplis, comme au pont de Sunderland, par des cercles tangens entre eux, ainsi qu'à l'extrados de l'arc et au-dessous du pont. Le plancher est formé par des plaques de fonte de deux pieds de largeur (0^{m},699) portant en-dessus des renforts terminés en arc, afin de leur procurer plus d'épaisseur au milieu. Ces plaques font l'office de pièces de pont, et servent à maintenir les fermes dans leur position respective.

Des idées d'économie, et les difficultés de l'ajustement, ont porté l'ingénieur à supprimer les plates-bandes de fer forgé, encastrées dans les arcs en fonte des voussoirs; il les a remplacées par des tenons mobiles, mais il en résulte un très-grand inconvénient, c'est que la rupture des pièces devient très-dangereuse, et leur remplacement très-difficile, et même impossible pour quelques-unes, telles que les moises ou entretoises, à cause des encastremens pratiqués pour recevoir les arcs des voussoirs contigus. Il en serait de même à l'égard des tenons mobiles qui

[1] Dans les ponts du Vauxhall et de Southwark, qui paraissent être les derniers ouvrages de ce genre exécutés en Angleterre, les archivoltes sont pleins au lieu d'être évidés, comme dans ces deux exemples. Il en résulte que les arches présentent l'apparence de voûtes construites d'après le système de Philibert de l'Orme. Cette dernière disposition nous semble devoir réunir, en pareil cas, toutes les conditions les plus avantageuses à l'emploi de la fonte.

pourraient se rompre par l'effet d'un mouvement dans l'ensemble de la combinaison. La difficulté de ce remplacement peut devenir très-préjudiciable à la conservation de ce monument[1]; c'est pourquoi nous pensons qu'on doit préférer le moyen employé au pont de Sunderland.

Pont des Arts.

Le premier pont en fer construit en France est le pont du Louvre, à Paris, dont les projets, faits par M. de Cessart, ont été modifiés par M. Dillon, qui en a dirigé l'exécution. Ce pont fut terminé en 1803. Les fers ont été fondus près de Touroude, chez MM. Baudry et Mercier. Il est composé de neuf arches de chacune 59 pieds 6 pouces, (19^m,3) en sorte que sa longueur, entre les culées, est de 535 pieds $\frac{1}{2}$ (173^m,87) sur 30 pieds de large (9^m,$\frac{3}{4}$).

Chacune des arches est composée de cinq armatures, en fer fondu, formées d'une combinaison de courbes en arc de cercle, dont les unes dessinent le cintre des arches, et les autres servent à le contrebuter vers le milieu des reins, comme l'indique la Figure 1 de la Planche CLX. Au milieu de chaque pile, s'élèvent cinq fortes barres à plomb, reliées avec les cintres des arcs par des écharpes.

Les courbes des cintres, qui ont 6 pouces de largeur (162 millimètres) sur 3 pouces d'épaisseur (81 millimètres), sont assemblées au milieu, comme on le voit dans le détail *l*.

Au-dessus de chacune de ces armatures sont fixées, à des distances égales, des espèces de potelets *a,b,c,d*, aussi en fonte, qui soutiennent les pièces de bois sur lesquelles reposent les madriers qui forment le plancher du pont.

Il manque à ce pont, très-ingénieusement combiné d'ailleurs, pour avoir toute la solidité nécessaire en certaines circonstances, une barre continue BB, pour relier le sommet des arcs et une autre CC, pour

[1] Cet article a été écrit en 1813; nous avons vu depuis dans les Mémoires sur les travaux publics de l'Angleterre, publiés par M. Dutens, en 1819, *que ce pont finit par tomber, après avoir subi plusieurs réparations infructueuses*. L'auteur des Mémoires attribue cette chute à l'insuffisance d'une des culées qui glissa horizontalement sur sa base, sans qu'on remarquât de dérangement dans ses parties. Quant à nous, nous serions porté à reconnaître, dans cet accident, l'effet plutôt que la cause de l'écroulement du pont. Il nous semble, au surplus, que le fait des réparations infructueuses vient à l'appui de l'opinion que nous avions émise, et à laquelle nous nous référons entièrement à cet égard.

servir de corde à l'arc au-dessus des piles, et lui procurer plus de fermeté pour contrebuter les grands cintres, Figures 2 et 3.

Les Figures 3 et 4 indiquent deux combinaisons en forme de voussoirs, l'une simple, et l'autre semblable à celle du pont du Jardin du Roi, qui pourrait soutenir le roulage des voitures.

Quelques-unes des pièces de charpente sont posées diagonalement, comme on le voit sur les plans, pour s'opposer aux mouvemens dans le sens horizontal; mais comme les cinq montans verticaux placés sur les piles ne sont entretenus que par une seule traverse et par quelques pièces inclinées, placées dans la partie inférieure seulement, ce système ne paraît pas suffisamment contreventé dans le sens de la hauteur[1].

C'est ici l'occasion de rappeler ce que nous avons dit ci-devant (page 106) à l'occasion des ponts de charpente pour le passage des gens de pied, qui, dans certaines circonstances, se trouvent plus chargés que ceux pour le passage des voitures.

Pont du Jardin du Roi.

Ce pont, construit à Paris, vis-à-vis le Jardin du Roi, a été commencé en 1800, et terminé, en 1806, par M. Lamandé. Il est composé de cinq arches de chacune 100 pieds d'ouverture (32m,36). La courbe du cintre est un arc de cercle dont le rayon est de 130 pieds (42m,6), et la flèche, ou montée, de 10 pieds (3m,226). Le pont est soutenu, dans sa largeur, par sept fermes distantes de 6 pieds 2 pouces 6 lignes de milieu en milieu (2m,2).

L'archivolte de chaque arc est divisée en vingt-un voussoirs de 5 pieds de largeur (1m,60), sur 4 pieds de hauteur (1m,30), et 2 pouces 6 lignes d'épaisseur (7 centimètres). Ces voussoirs, représentés par la Figure 1 de la Planche CLXI, ont la forme d'un châssis à jour, dans le genre de ceux du pont de Sunderland, composé de trois arcs concentriques, et de montans qui tendent à leur centre. On a interposé dans leurs joints des

[1] Peu de temps après que ce pont fut terminé, la foule qui s'appuyait sur l'une des balustrades un jour de fête publique, s'étant portée subitement d'une tête à l'autre, il en résulta un mouvement de vibration très-prononcé, qui causa la plus grande inquiétude. Cet événement entraîna quelques réparations; et depuis ce moment il n'est plus permis de stationner sur le pont pour jouir du spectacle des fêtes.

lames de cuivre d'environ une ligne d'épaisseur, susceptibles de s'affaisser sous la pression, et de compenser les inégalités de la fonte [1].

Les tympans au-dessus de l'archivolte sont remplis par des châssis, L, M, N, O, P, Figure 1, formés par deux arcs concentriques et les montans qui leur sont perpendiculaires; ils ont les mêmes dimensions que ceux des voussoirs. Ces montans ont leur appui sur l'arc d'extrados des voussoirs de l'archivolte, et sont assemblés avec eux par des boulons avec vis et écrous en fer forgé. Ce remplissage des tympans, différent de celui des ponts d'Angleterre, a l'avantage d'être plus solide et d'une exécution facile, étant composé de châssis comme ceux des voussoirs de

[1] Dans le projet primitivement adopté, les voussoirs étaient reliés par des plates-bandes de fer forgé, comme au pont de Sunderland. Les motifs qui firent renoncer à cette disposition furent, 1°. la difficulté de l'ajustage des barres de fer forgé dans les rainures des arcs en fonte, et de faire rapporter les trous des barres de fer avec ceux percés dans la fonte : ce qui cependant aurait pu s'opérer avec la plus grande exactitude, en ne perçant les premiers que sur le tas;

2°. La crainte de diminuer la force des arcs en fonte, en les forant : mais cette crainte doit s'évanouir quand on considère que les plates-bandes de fer auraient plus que doublé la force de la fonte;

3°. L'objection faite sur l'emploi du fer forgé avec le fer fondu, à cause de la différence d'extension dont ils sont susceptibles à un même degré de chaleur. Nous avons vu au premier livre, page 305, de quelle importance cette objection pouvait être.

Il est donc constant que la véritable raison qui a fait décider la question, est l'économie considérable qui résultait de la suppression d'une grande quantité de fer forgé, et de main-d'œuvre pour les ajustages.

On lit, dans le *Traité de la construction des ponts*, de M. Gauthey, que le tassement qui a eu lieu immédiatement après le décintrement a varié dans les différentes arches de 7 à 11 millimètres, et que depuis il a augmenté successivement jusqu'à 54 et ½ millimètres. Mais une partie doit être attribuée à l'effet de quelques ruptures, qui, après la construction de ce pont, fréquenté par de très-lourdes voitures, ont eu lieu, particulièrement dans les parties voisines des culées, dans quelques-uns des montans normaux réunissant les arcs des voussoirs. Ces montans n'ayant d'autre objet que d'entretenir les arcs entre eux, et les pièces essentielles du système, qui sont ces arcs et les entretoises, n'ayant été aucunement altérées, ces ruptures n'influent en rien sur la solidité du pont. On a rétabli la liaison des arcs, en doublant les montans rompus par des bandes de fer forgé.

Quoi qu'il en soit, il n'est pas inutile de consigner ici qu'en 1808, M. Lamandé a présenté le projet d'un pont de fer, qui lui avait été demandé pour l'emplacement de celui de l'École-Militaire, accompagné d'un Mémoire dont le chapitre sixième a pour objet de démontrer *les avantages qu'il y aurait à substituer aux arches en fer proposées des voûtes en pierre dure, offrant, avec peu de dépense de plus, autant de durée, plus de solidité et moins de frais d'entretien*.

C'est à la suite de ce Mémoire que fut rendu le décret en date du 27 juillet 1808, qui ordonnait la construction des voûtes en pierre, en remplacement de celles en fer d'abord adoptées. Ce pont, représenté Figure 7, Planche CLXXXXIX, est l'un des plus parfaits en son genre

l'archivolte. Les quatre voussoirs qui joignent la clef portent la partie du tympan au-dessus. Il faut remarquer, 1°. que les arcs du tympan soutiennent une partie de la pression exercée sur le pont, qui se trouve répartie sur une plus grande surface, à mesure qu'elle approche des culées et des piles; 2°. que le prolongement des joints des voussoirs, en ne formant qu'un seul corps avec l'archivolte, tend à donner plus de raideur et de force aux fermes, et à diminuer les vibrations lorsqu'il passe des voitures sur le pont.

Les fermes sont reliées entre elles par des entretoises KSR, Figure 6, posées perpendiculairement à leur direction. L'une de ces entretoises répond à l'arc supérieur de l'archivolte, et l'autre répond à celui de dessous. La longueur de chaque entretoise est de 6 pieds (1^m,95); le corps, ou tige, est un barreau carré en fonte de fer, de 2 pouces 6 lignes de grosseur (7 cent.); cette tige est terminée à ses abouts par deux branches 5, 6, percées chacune d'un trou rond d'un pouce de diamètre (3 cent.) Dans ces trous passent des boulons, pour réunir l'arc des voussoirs avec les entretoises placées à droite et à gauche de chaque ferme intérieure.

On a vu qu'au pont de Coalbrookdale, les fermes, qui sont composées de trois grands arcs fondus à part, sont reliées par des entretoises posées sur les fermes et entaillées dans les arcs; qu'à celui de Sunderland, les entretoises ont la forme d'un tube placé entre les fermes, et portent à l'extrémité deux branches ou talons, au moyen desquels elles sont boulonnées avec les voussoirs. Cette forme de tube avait été d'abord proposée pour les entretoises du pont du Jardin du Roi, dans le but d'obtenir plus de résistance avec une même quantité de matière. Des raisons d'économie ont fait préférer les tiges pleines.

Les arches de ce pont sont portées par des culées et des piles en pierre. Ces dernières ne s'élèvent que jusqu'à la naissance des cintres; elles reçoivent sur leur tête des pièces triangulaires MKT, Figure 4, en fer fondu, formant coussinets pour se raccorder avec les premiers voussoirs des fermes. Ce sont les plus fortes pièces qui entrent dans la construction du pont; elles ont 10 pieds 5 pouces de hauteur (3^m,39) sur 9 pieds 2 pouces 10 lignes de base (3 mètres); elles ont la même épaisseur que les voussoirs, et sont liées d'une ferme à l'autre, au droit des piles, par des entretoises et des barres de fer fondu posées diagonalement, désignées sous le nom d'écharpes, qui ont la même épaisseur que les en-

tretoises avec lesquelles elles sont assemblées au moyen de boulons en fer forgé. Ces coussinets sont posés sur une coulisse en fonte EFG, Figure 5, désignée sous le nom de coussinet inférieur, encastrée dans la pierre qui forme le chaperon de la pile, et portent une tige verticale qui traverse trois assises des piles, dans lesquelles elle est scellée. On a aussi encastré et scellé dans les pierres des paremens des culées, de grandes rainures en fonte, appelées coussinets de culées, qui reçoivent les premiers voussoirs des arches extrêmes.

Le poids total des pièces en fer coulé, qui composent chaque arche, est de 353,000 livres (173,000 kilogrammes).

Le plancher du pont est en bois de charpente; il est formé de fortes pièces CD, Figure 3, posées perpendiculairement aux fermes, recouvertes de madriers jointifs. L'écartement et le devers de ces poutres sont retenus par des écharpes en fer forgé MN, posées en croix de Saint-André. Ce plancher porte une chaussée en cailloutis et des trottoirs en dalles de pierre dure, bordés par une rampe ou balustrade en fer forgé, à hauteur d'appui, Figure 2.

La Figure 7 indique une disposition nouvelle pour le remplissage des châssis des fermes, qui nous paraît réunir à la fois plus de force et plus de régularité. Néanmoins, dans les arches d'une grande étendue, on pourrait faire les panneaux des voussoirs entièrement pleins, ce qui leur procurerait le dernier degré de solidité auquel il soit possible d'atteindre avec ce genre de construction.

Des ponts suspendus.

L'existence des ponts suspendus semble avoir été aussi long-temps ignorée des nations policées que la nature des pays au milieu desquels elle a pris naissance. Le pont de Junnan-China, dont il est question dans la *Chine illustrée* du Père Kircher, ouvrage publié vers la fin du XVIIe. siècle, est le premier pont de chaines connu en Europe[1]. Depuis, plusieurs

[1] Nous devons relever ici l'erreur dans laquelle nous paraît être tombé M. S. Ware, ingénieur anglais, dans son *Traité des ponts suspendus*, en mettant les ponts de bois du Tyrol, dont il est question au Livre VIII, Chapitre XXIII, de l'*Architecture universelle de Scammozi*, au nombre des ponts suspendus. En effet, nous voyons que cet ingénieur a attaché au mot italien *catena* l'idée ordinaire de chaîne, tandis que Scammozi donne clairement à entendre ce qu'il veut exprimer par ce mot au Chapitre XXII, *della concatenationi de coperti*, dans lequel il parle des *catene e coperti alla Scammoziana*. L'inter-

ponts suspendus ont été observés dans d'autres parties de l'Asie [1]; enfin, on a reconnu récemment qu'il existait des ponts de cordes dans quelques contrées de l'Amérique méridionale, avant l'arrivée des Européens [2].

On croit que le premier pont en chaînes qui ait été exécuté en Europe est celui jeté en Angleterre sur la rivière de Tees, à Winch, qui établit une communication entre les comtés de Durham et d'Yorck. Voici la description qu'en donne Hutchinson, dans le troisième volume des Antiquités de Durham. « A deux milles environ, au-dessus de Middleton, » dans un lieu où la rivière de Tees se précipite de chute en chute, on » trouve un pont en chaînes de fer suspendu sur des abîmes et fixé aux » deux côtés dans des rochers. Sa hauteur est d'environ 60 pieds, sa lon- » gueur de 70, et sa largeur de 2 pieds environ. On y a établi un garde- » fou d'un côté seulement, et, sur la surface, de petites planches fixées » aux chaînes pour le passage des personnes, qui sont pour la plupart » des mineurs. Le voyageur qui le traverse se trouve suspendu sur » d'horribles précipices, et ressent toutes les vibrations de la chaîne que » son mouvement agite; peu d'étrangers osent s'y hasarder. » L'établissement de ce pont ne remonte pas au delà de quatre-vingt-huit années.

Les premières applications de ce nouveau système de construction à des ponts d'utilité publique eurent lieu dans l'Amérique septentrionale. Nous voyons, dans le *Traité des Ponts*, de M. Thomas Pope, architecte de New-Yorck, publié en cette ville en 1811, que huit ponts en chaînes ont été établis en Amérique d'après les principes de la chaînette. L'auteur nous apprend encore que le gouvernement des États-Unis a accordé une patente, en 1808, pour l'établissement d'un pont suspendu, et il donne la description d'un pont de cette espèce fait en 1809, sur le Merrimak, dans l'état de Massachuset, d'une seule arche de 240 pieds d'ouverture.

Ce n'est qu'en 1813, époque à laquelle la plupart des ouvriers du

prétation de ce mot dans le sens d'*armature*, que nous lui avons donnée au Ve Livre, Tome III, pages 186 et suivantes, acquiert encore plus de vraisemblance quand on considère que deux des ponts désignés par M. Samuel Ware, comme construits en chaînes, celui de Béraun, en Bohême, et celui de Nuremberg, en Franconie, étaient des ponts couverts.

[1] Voyez les *Voyages de Frézier à la mer du Sud*, en 1812, 13 et 14; — les *Vues de l'Indostan*, par Daniel, nº. 23, 4e. série; — le *Thibet*, par Turner; — le *Voyage de Frézier aux chaînes de l'Himalia et aux sources du Gange et du Jumna.*

[2] Voyez l'ouvrage intitulé : *Vues des Cordilières et monumens des peuples indigènes de l'Amérique méridionale*, par M. Alexandre de Humboldt, Planche 33.

Lancashire étaient sans travail, et où les autres ne gagnaient que de très-faibles journées, que l'idée des entreprises de ce genre se manifesta en Angleterre. Le premier grand pont suspendu est celui qui fut jeté sur le Tweed, à Norham-Fort, à cinq milles de Berwick, pour joindre l'Angleterre à l'Écosse. La plupart des projets rédigés depuis n'offrent que des copies défectueuses ou des imitations dangereuses du pont de Tweed ou de l'Union, c'est pourquoi nous l'avons choisi pour faire connaître le mécanisme de ces constructions.

Pont en chaînes de l'Union.

Ce projet si hardi, représenté par la Fig. 1, Planche CLXII, a été mis à exécution par le capitaine Samuel Brown, de la marine royale, à qui l'Angleterre doit l'usage des câbles en fer maintenant admis dans la marine royale et marchande[1].

Le plancher est suspendu aux chaînes par des tiges en fer rond de 0m, 025 de diamètre, retenues à l'extrémité supérieure de la tige dans des espèces de chapeaux en fer fondu, Figures 8, 9 et 10. Le fer devient carré, augmente de grosseur à cette extrémité, en forme de queue d'aronde; et pénètre dans une ouverture pratiquée dans le chapeau, ouverture dans laquelle la tête de la tige entre de bas en haut, et où l'on place ensuite une petite cale en fer qui achève de la remplir, et empêche que sa tige ne puisse descendre. La forme du chapeau qui repose sur les assemblages des chaînes est assez compliquée, parce que ce chapeau est en même temps destiné à recevoir les têtes des tiges, et à maintenir, en faisant fonctions d'entretoise, les situations respectives des pièces des chaînes sur lesquelles il repose. Il y a, à cet effet, en-dessous, des appendices qui pénètrent dans les intervalles de ces pièces. La Figure 8 et le côté droit de la Figure 9 représentent l'élévation latérale et le plan de l'assemblage de chaînes supportant le chapeau. Le côté gauche de la Figure 9 est le plan de l'assemblage, en supposant le chapeau enlevé. Le côté droit de la Figure 10 est une section transversale faite au de-

[1] La description qu'on va lire a été donnée par M. Stevenson, dans le no. X de l'*Edimburg Philosophical journal*. Nous suivons ici la traduction de M. Navier, ingénieur en chef au corps royal des ponts et chaussées, dans son Mémoire sur les ponts suspendus, Paris, 1823.

vant d'un assemblage ; et le côté gauche de la même Figure, une section transversale faite au milieu. Les hachures verticales distinguent les sections faites dans le fer fondu.

Les extrémités inférieures des tiges de suspension, faites avec du fer plus fort, de 0^m,032 de grosseur, sont terminées en fourchettes, Fig. 6 ; elles embrassent une barre en fer plat posée de champ, de 0^m,076 de hauteur, qui court dans toute l'étendue du pont, et sur laquelle portent les solives du plancher. On voit, dans la Figure 7, les assemblages dont cette barre est composée. Le plancher est donc entièrement soutenu aux deux fermes, éloignées l'une de l'autre de 5^m,49.

Les chaînes sont au nombre de douze, disposées par paires, et placées de chaque côté du pont sur trois rangs situés dans un même plan vertical, et espacés d'environ 0^m,5 centimètres. Ces chaînes, aussi-bien que toutes les autres parties en fer forgé de sa construction, sont faites du meilleur fer du pays de Galles. Les barres dont elles sont composées sont en fer rond de 0^m,051 de diamètre [1]. Les chaînons ont 4^m, 45 de longueur, mesurée entre les milieux des assemblages, et portent à leurs extrémités des boucles fortement soudées. Ces chaînons sont assemblés au moyen d'anneaux en fer carré de 0^m,31 de grosseur, et de boulons passés dans les boucles et les anneaux, de forme ovale, dont le diamètre horizontal est de 0^m,068, et le diamètre vertical de 0^m,057. Ces boulons ont à un bout une tête, et à l'autre une clavette avec une rondelle. Les nœuds des chaînes, chargés des chapeaux qui portent les tiges de suspension, sont disposés de manière que ces tiges sont alternativement suspendues aux trois rangs de chaînes, la première tige étant attachée au rang inférieur, la seconde au rang du milieu, la troisième au rang supérieur, et ainsi de suite. Il résulte de cet arrangement, que toutes les chaînes supportent un égal effort, et que les chaînons ne tendent point à être fléchis, mais sont seulement sollicités dans le sens de leur longueur. L'intervalle des tiges de suspension est, au milieu du pont, le tiers de la longueur des chaî-

[1] Le perfectionnement apporté depuis dans la construction de l'embarcadère de la Trinité, établi par le même auteur, nous paraît mériter une attention particulière ; il consiste à employer de fortes barres sur les points de suspension où l'effort est le plus grand, et à les diminuer vers le centre où il est moindre, mais sans s'astreindre toutefois à donner exactement aux barres, placées dans chaque partie de la courbe, une grosseur proportionnée à l'effort qu'elles supportent, ce qui eût été cependant préférable.

nons, c'est-à-dire de 1m,52. Cet intervalle diminue un peu en approchant des culées, en raison de l'inclinaison des chaînes.

Quoique la longueur du plancher soit seulement de 110 mètres, la distance des points des piliers où aboutissent les chaînes est de 131m,7. La flèche de la courbe est d'environ 8 mètres. Les six chaînes principales, avec leur appareil, pèsent environ 5 tonnes (5080 kilogrammes) chacune, et le poids du pont entier, entre les points de suspension, a été estimé de 100 tonnes (101 600 kilogrammes.)

Sur la rive gauche de la rivière, du côté de l'Écosse, les chaînes passent sur un pilier de maçonnerie ayant 18 mètres de hauteur et 10 mètres de largeur, sur 6m,5 d'épaisseur au niveau du plancher. La largeur de l'arcade ouverte dans ce pilier, qui sert d'entrée au pont, est de 3m,66. Chaque paire de chaînes passe au travers d'ouvertures correspondantes pratiquées dans la maçonnerie à 0m,6 d'intervalle les unes au-dessus des autres, et repose sur des rouleaux scellés dans la pierre; les chaînons sont faits, dans cette partie de la chaîne, aussi courts qu'il a été possible, afin qu'ils puissent s'appuyer sur les rouleaux sans que le fer soit exposé à être fléchi. Après avoir traversé le pilier, les chaînes sont prolongées vers le sol dans une direction inclinée, y pénètrent jusqu'à la profondeur de 7m,3, et traversent aux extrémités de grandes plaques en fer fondu, auxquelles elles sont fixées par un fort boulon ovale, ayant 0m,076 sur 0m,088 de grosseur. Ces plaques ont 1m,83 de longueur et 1m,52 de largeur; l'épaisseur est au centre de 0m,127, et se réduit vers les bords à 0m,064. Les extrémités des chaînes, ainsi fixées, sont chargées de pierres meulières et d'autres matériaux jusqu'au niveau de la route. On voit paraître à la surface du sol une maçonnerie grossière en pierres sèches, et il n'y a rien pour garantir le bas des chaînes.

Sur la rive du Tweed, du côté de l'Angleterre, le pilier de maçonnerie sur lequel portent les chaînes, est établi dans une excavation faite dans un rocher escarpé, formé d'un grès tendre, légèrement coloré en rouge. Les piliers sont construits avec une pierre de même nature, mais de meilleure qualité. La hauteur du pilier de la rive droite est d'environ 6 mètres, et la figure en est semblable à celle de la partie supérieure du pilier élevé sur la rive opposée. On a construit au-devant de la base un bâtiment orné d'un petit portique, servant de logement au percepteur du péage. Les chaînes s'appuient sur des plaques de fer fondu, encastrées dans la maçonnerie, et non sur des rouleaux, comme du côté opposé.

Les grandes plaques en fer fondu, fixées à l'extrémité des chaînes, sont des mêmes dimensions que celles décrites ci-dessus; mais au lieu d'être, comme ces dernières, enfoncées dans le sol, elles sont plutôt situées au-dessus de la fondation du pilier, où elles sont posées presque verticalement, et dans une direction correspondante à celle de l'effort ou de la tension provenant du poids du pont. Pour plus grande sûreté, ces plaques portent contre un arc horizontal en maçonnerie, encastré à queue d'aronde dans le roc. M. Stevenson, en donnant ces derniers détails, observe que cette partie de la construction n'était pas finie lorsqu'il en fit la visite à l'époque de l'ouverture du pont: elle est présentement entièrement cachée, et on peut voir seulement, de la corniche du pilier, les barres des chaînes se courber légèrement en pénétrant dans la maçonnerie.

M. Stevenson rend compte de la manière suivante de la force des chaînes du pont de l'Union, comparée à la charge qu'elles sont exposées à soutenir. Après avoir cité des expériences faites dans les établissemens pour la fabrique des câbles de MM. Brunton et Brown, à Londres, dont il résulte qu'une barre ayant environ 2 pouces de diamètre exige, pour être rompue, un effort de 92 tonnes (46 kilogrammes par millimètre carré), il observe que le calcul de la solidité d'une construction de ce genre doit être établi dans des cas extrêmes, tels que ceux où le plancher serait chargé d'une foule de personnes ou d'un troupeau de bétail. Le premier lui paraît le plus dangereux, en même temps qu'il produit la plus grande charge: une surface donnée, occupée par des hommes serrés les uns contre les autres, est plus chargée que la même surface occupée par du bétail dans le rapport de 9 à 7; il est d'ailleurs plus facile de régler la marche d'un troupeau que celle d'une foule de peuple attirée par quelque motif d'intérêt. Un exemple remarquable de la difficulté de contenir la foule s'est présenté à l'ouverture du pont de l'Union, en 1820. Les spectateurs ayant rompu toutes les barrières, et s'étant précipités sur le pont, on jugea qu'il s'était trouvé à la fois sur le plancher environ sept cents personnes. Évaluant le poids de chacune à 150 livres (68 kilogrammes), on aura 47 tonnes; et comme le poids du pont, entre les points de suspension, est évalué à 100 tonnes, les chaînes supportaient alors une charge de 147 tonnes. L'inclinaison des extrémités des chaînes sur l'horizon étant d'environ 12 degrés, cette charge produisait une tension de 870 tonnes, tandis que les douze barres-

de 2 pouces de diamètre chacune, n'auraient pu être rompues que par une tension de $12 \times 92 = 1{,}104$ tonnes [1].

OBSERVATIONS.

On ne saurait douter que les ponts suspendus ne puissent présenter, dans certains cas, plusieurs avantages sur les ponts ordinaires [2]. Au point où sont arrivées de nos jours les connaissances théoriques et pratiques, ce nouveau système de construction ne pouvait manquer de parvenir promptement au degré de perfection dont il était susceptible. En général, c'est à la science qu'il appartient d'éclairer les questions relatives à l'art de bâtir; et après qu'elle a parcouru spéculativement les résultats des diverses combinaisons jusque dans les derniers termes du possible, et, pour ainsi dire, hâté le jugement de l'expérience, le parallèle peut s'établir entre les nouveaux moyens et ceux dont l'art était en possession depuis nombre de siècles. Toutefois, dans cet état de choses, ce n'est qu'après avoir profondément étudié ces matières qu'on peut espérer d'atteindre aux considérations élevées sur lesquelles doit s'appuyer la solution qu'on se propose.

Les observations que nous aurions à faire sur les ponts suspendus ne pourraient qu'offrir la plus grande conformité avec les conclusions auxquelles s'est arrêté M. J. Cordier, inspecteur divisionnaire au corps royal des ponts et chaussées, à la suite du travail auquel il s'est livré à ce sujet. Prévenu sur plusieurs points par ce savant ingénieur, il nous a semblé difficile d'ajouter aux développemens qu'il donne à ceux sur lesquels nous nous étions rencontrés; c'est pourquoi nous

[1] Il est à propos d'observer que la charge s'élevait ici environ au tiers de la puissance sous laquelle les chaînes se seraient rompues. Au reste, ce terme est celui qu'adoptent la plupart des ingénieurs. Cependant, comme on doit prendre en considération *que la pression d'un pont suspendu est vive, tandis que celle d'un pont fixe est morte*, nous pensons, avec M. S. Ware que, puisque dans les cas ordinaires on n'admet dans la pratique que le quart de la force des matériaux, à plus forte raison ne doit-on pas aller au-delà dans leur emploi extraordinaire à des ouvrages aussi hardis qu'importans.

[2] Les ponts suspendus ont surtout l'avantage d'éviter les grands frais que nécessitent, dans les anciennes constructions, les dépenses de cintres. On assemble et dispose les câbles sur une des rives; on place dans la direction du pont des bateaux, sur lesquels on fait glisser ces câbles; on pose et attache avec facilité l'une des extrémités, et, au moyen du cabestan, on amène l'autre extrémité au deuxième point d'attache. La première courbe établie sert comme d'échafaud aux autres, que l'on conduit en place à l'aide de poulies et de cabestans.

avons cru devoir nous borner à offrir ses propres observations aux méditations de tous les constructeurs.

« Les ponts suspendus, considérés comme ouvrages publics, » dit M. Cordier[1], « ne pourraient être préférés aux ponts en pierre ou en bois » qu'en raison, 1°. de la nouveauté des constructions; 2°. de la difficulté » vaincue; 3°. du caractère monumental; 4°. de leur solidité et de leur » durée; 5°. enfin de l'économie dans la dépense.

» 1°. Nous voyons que les peuples des Indes orientales et occidentales » se servent depuis un temps immémorial des ponts suspendus; qu'on » en a fait usage en Europe à des époques reculées, en Italie, en France et » en Angleterre; que les Français les ont employés dans les guerres » anciennes et modernes; qu'on en compte plusieurs en Amérique et en » Allemagne, etc., soit en cordes, soit en anneaux de bois[2] ou en chaînes » de fer. Ces constructions n'ont donc pas le mérite d'une découverte ou » de la nouveauté.

» 2°. Ce n'est point au progrès des sciences qu'il faut attribuer l'application récente des ponts suspendus et la perfection d'exécution qu'on » y remarque, puisque les hommes de génie, qui ont construit ceux qui » existent, n'ont fait usage que des élémens de géometrie et de statique » pour calculer les dimensions des pièces, et déterminer avec précision » tous les détails de ces ouvrages, et puisqu'il est reconnu qu'ils ne se » sont pas occupés de l'étude des mathématiques transcendantes.

» L'abondance et le bas prix du fer en Angleterre et en Amérique, et » le perfectionnement de la presse hydraulique, machine admirable et » d'invention française, nous paraissent être les principales et uniques » causes des entreprises nouvelles de ce genre. Le projet d'un pont suspendu aurait été rédigé par l'ingénieur le plus habile et le plus exercé, » et serait exécuté par des ouvriers les plus expérimentés et les plus » adroits, qu'on n'aurait aucune garantie de sa solidité, si toutes les » pièces en fer n'avaient pas été éprouvées ensemble et séparément, avec » une attention scrupuleuse.

» La ténacité du fer est plus difficile à constater à la vue que celle du » bois; elle est aussi plus variable, parce qu'elle dépend de la nature du

[1] *Essais sur la construction des routes, des ponts suspendus, des barrages, etc.*, Lille, imprimerie de Reboux-Leroy, 1823.

[2] M. Cordier semble partager ici l'opinion de M. S. Ware au sujet des ponts suspendus du Tyrol. Voyez la note au bas de la page 329.

» minerai, du combustible et des procédés de fabrication. On ne peut » donc se dispenser d'essayer les chaînes, les boulons et les tiges, puisque » les vices de quelques pièces entraîneraient la chute de l'édifice. Mais il » fallait disposer d'une machine simple et puissante, qui permît de faire » ces expériences en peu de temps et à peu de frais. La presse hydraulique » réunit ces avantages, et paraît bien préférable à un système de leviers, » l'action de la presse étant lente, régulière, graduée à volonté et presque » insensible.

3°. Un pont suspendu ne peut être considéré comme monumental ; on » exige d'un monument d'architecture qu'il puisse braver l'action des » siècles et les efforts des générations, qu'il résiste par sa masse et son » volume, que la matière ne puisse tenter l'avidité d'une troupe ennemie.

» Le peuple le plus dévastateur respecterait les pyramides d'Égypte, » les canaux et autres ouvrages établis à grands frais, parce qu'il faut » perdre à les détruire presque tout le travail employé à les construire. » Ainsi, plus les matériaux d'une construction sont communs et de moins » de valeur, plus ils sont volumineux pour une somme donnée, et plus » le monument a de chances de durée, si les élémens résistent à l'eau, » à la gelée et au feu. Les siècles passent sur les monticules en pierre, » en terre, élevés par des armées, sans que leur masse en soit altérée » par le temps ou entièrement dispersée par les efforts des hommes. Le » voyageur retrouve avec facilité, dans les Alpes, les traces de voies » romaines, et dans les Gaules les restes des ponts en pierre, des aqué» ducs, des camps de César, abandonnés depuis tant de siècles; il peut » encore en reconnaître et étudier les dispositions et admirer ces monu» mens éternels de l'art de l'ingénieur civil et militaire à des époques si » reculées.

» Le fer sur le continent est encore un métal rare et précieux; on ne » peut, comme en Angleterre, en faire des clôtures étendues, des toitures, » des routes, le prodiguer aux travaux des champs, et l'abandonner loin » des habitations. Souvent on enlève même près des villes le fer et la » fonte des constructions publiques et particulières; la valeur et l'utilité » de ces matières tentent la misère, et la facilité de les dénaturer en» courage les délits. Un pont en chaînes, placé isolément sur une grande » route, dans une ville même, serait bientôt dégradé s'il n'était surveillé; » il tomberait par la soustraction des boulons, chevilles et autres pièces » qu'on peut détacher avec facilité. Si les ponts des contrées récemment

» le théâtre de la guerre eussent été en chaînes, comme on les a coupé, dans
» les chances alternatives des combats, presque tous, même ceux en pierre,
» il est probable qu'il ne resterait aucune trace de ces ouvrages, détruits
» par ordre, et enlevés pièce à pièce en peu de jours. Nous avons vu ré-
» cemment des corps ennemis arracher et colporter des balustrades et
» même des ferrures des édifices publics.

» 4°. Un pont suspendu en chaînes est très-solide en ce sens, qu'il peut
» porter autant d'hommes, d'animaux et de voitures chargées que le
» plancher en contient : mais qui oserait garantir l'effet de la chute d'un
» chariot chargé de pierres de taille, tombant de 5 ou 6 pieds de haut
» sur le plancher? N'est-il pas probable que les chaînes, les tiges de sus-
» pension ou le plancher se rompraient alors, et que les pierres entraî-
» neraient une partie du pont ou passeraient au travers? *Le passage
» d'un troupeau de bœufs sur un pont en chaînes des États-Unis, la vibra-
» tion produite par trois personnes sur un pont anglais, et un coup de
» vent, ont suffi pour détruire les premières constructions de ce genre.*

» Le tablier des ponts suspendus est formé de poutres et de plan-
» ches exposées à la pluie et de peu de durée. Si ces poutres, en partie
» pourries, qui ne sont soutenues qu'à leurs extrémités, cédaient sous
» une lourde charge, les voitures et les passagers seraient précipités
» dans le torrent; car il n'existe aucune pièce double et solidaire pour
» prévenir ce malheur.

» Des gens mal intentionnés peuvent, en quelques heures ou en quel-
» ques instans, détruire l'ouvrage le plus considérable de ce genre, ou
» en sciant à moitié quelques poutres, ou en limant quelques pièces de
» fer, ou en introduisant une boîte d'artifice entre les assemblages : il
» n'en est pas ainsi d'un pont en pierres ni même en bois; des fermes
» rapprochées et épaisses diminuent la portée des madriers, en aug-
» mentent la force, et permettent de recouvrir le passage d'une chaussée
» pavée ou en cailloutis, qu'on ne peut dégrader en quelques instans;
» les altérations du temps s'annoncent long-temps d'avance, et les
» efforts de quelques hommes seront impuissans, et il n'est pas
» d'exemple de la chute subite et inattendue de semblables construc-
» tions.

» 5°. Les considérations précédentes auraient sans doute peu de
» poids si les ponts suspendus coûtaient beaucoup moins à construire
» que ceux en pierre ou en bois; mais les calculs les plus simples, éta-

» blis d'après les prix des matériaux, contiennent la preuve de l'asser-
» tion contraire.

» On évalue, d'après un grand nombre d'expériences, la force d'une tige de fer tirée dans le sens de la longueur à 39 kilog. 50, par millimètre carré, et celle d'une pièce de bois de sapin tirée dans le même sens, à 7 kilog. 90 c., aussi par millimètre carré; mais la pesanteur spécifique du fer en barre est de 7 kilog. 688, et celle du bois de sapin jaune de 0,657; celle de l'eau à une température de 10° étant 1, le rapport de la force du bois de sapin à celle du fer, pour un même volume, est de 1 à 5, et celui de leur pesanteur est de 1 à 11,85; le rapport de la force de deux pièces de même poids, l'une en sapin et l'autre en fer, tirées dans le même sens et dans leur longueur, est donc de 2,37 à 1.

» Mais en France on paie dix fois plus 50 kilogrammes de fer que 50 kilogrammes de bois de charpente; par conséquent, si deux pièces de bois et de fer coûtent le même prix, la pièce de bois représente une force de 23,70, ou près de 24 fois plus grande que celle de la pièce de fer. On ne peut donc préférer en France les ponts en fer aux ponts en bois relativement à l'économie.

» Le fer a sans doute des qualités supérieures à celles du bois; le feu, l'air, l'eau n'altèrent que faiblement de fortes tiges; mais on sait préserver, pendant des siècles, la charpente des ponts et celle des édifices, en la garantissant de l'humidité. Il existe des charpentes d'églises et des ponts couverts en bois, dont les pièces principales datent de plusieurs siècles.

» Admettons maintenant que la durée d'un pont en chaines soit de dix fois celle d'un pont en bois, il y aurait encore économie à choisir ce dernier mode de construction; on trouve après cent ans, et en comptant les intérêts des fonds employés, qu'un pont en bois, souvent renouvelé, aurait beaucoup moins coûté que celui en fer.

» Nous avons un terme de comparaison qui servira à établir la différence de ces deux systèmes.

» Le pont sur le détroit de Menai [1], d'une seule arche, a environ 165 mètres d'ouverture entre les culées. Le débouché du pont de

[1] Projet de pont suspendu, présenté par M. Telford, pour être construit sur le détroit de Menai; qui sépare l'Angleterre de l'île d'Anglesea.

» Maison sur la Seine, construit en bois avec piles en pierre, est de » 165 mètres.

» La dépense du pont de Menai a été évaluée à 1,500,000 fr.; on » la porte maintenant, en raison des augmentations, à 2,000,000; retran- » chant de cette somme 1,100,000 fr. pour les constructions des maçon- » neries, des abords, et toutes celles extraordinaires occasionées par la » surélévation du pont et les difficultés de l'entreprise, reste 900,000 fr.; » mais la fonte et le fer coûtent, en France, trois fois plus qu'en Angle- » terre; on peut donc compter que la dépense d'un pont semblable » sur la Seine serait au moins le double ou de 1,800,000 fr.: un pont » en charpente sur la Seine, avec culées et piles en maçonnerie de » pierre de taille, ne coûterait pas au-delà de 450,000 fr., c'est-à- » dire quatre fois moins qu'un pont en fer d'une seule arche.

» La différence des prix de ces deux ouvrages étant de 1,350,000 fr., » l'intérêt à 6 pour 100 est de 81,000 fr., c'est-à-dire qu'à chaque pé- » riode de cinq années on pourrait, avec les intérêts de la somme épar- » gnée, construire un pont en bois avec piles et culées en maçonnerie, » de même dimension que celui d'une seule arche en chaînes. La soli- » dité dans ces deux cas supposée la même, et calculée pour admettre » le passage d'une double file de voitures chargées.

» Si nous comparions un pont en chaînes à un pont couvert en » charpente, les résultats seraient plus favorables encore à ce dernier » système, parce que, la durée étant plus grande, la dépense, après un » long terme, serait beaucoup moindre. Un pont couvert, d'ailleurs, » est exposé à moins d'accidens qu'un pont en chaînes, et coûte beau- » coup moins d'entretien. »

L'auteur justifie ensuite, par des exemples, cette opinion, que les avantages attribués aux grands ponts suspendus, sont plus apparens que réels, et qu'à l'exception de quelques localités et circonstances particulières, les ponts en bois et même en pierre présentent plus de chances de solidité, de durée et d'économie.

CHAPITRE DEUXIÉME.

DES COUPOLES.

En parlant ci-devant, page 313, des planchers compris entre des surfaces droites et horizontales, nous avons fait voir que la combinaison la plus simple et la plus solide des armatures qui doivent les former, était de les fortifier par des arcs de cercle intérieurs, entretenus par de petits potelets et des barres qui empêchent les arcs de se redresser.

Les voûtes dont la courbure est apparente au dedans et au dehors peuvent aussi se former avec des armatures composées de segmens de cercle qui se relient entre eux, comme l'indiquent les Figures 17, 19 et 21 de la Planche CLII.

Si les voûtes doivent former plancher en dessus, les parties comprises entre la courbe du cintre et le sol de niveau fournissent un moyen de les rendre extrêmement solides, ainsi que nous l'avons indiqué par les Figures 18, 20 et 22 de la même Planche. Il en est de même des armatures, pour former les combles, indiquées par les Figures de la Planche CLIII; mais il est essentiel de remarquer que, lorsqu'il s'agit de voûtes en berceau d'un très-grand diamètre, comprises entre deux surfaces courbes apparentes, il faut des précautions particulières pour les empêcher de pousser les murs, en changeant de forme par l'effet de leur poids et de leur élasticité, et des variations de température auxquelles elles peuvent être exposées.

Lorsque le plan de la pièce à voûter est carré, ou qu'il en diffère peu, il faut préférer la forme des voûtes en arc de cloître à celle des voûtes en berceau, parce que, dans les premières, les efforts des portions qui se réunissent pour former les angles se détruisent en grande partie.

Le système de voûte le plus avantageux pour couvrir un grand espace, est celui des voûtes sphériques, parce qu'il peut être maintenu dans tous ses points par des cercles horizontaux qui l'empêchent d'agir et de changer de forme. Cependant il faut considérer que, si ces voûtes devaient être exposées immédiatement aux intempéries de l'air, elles seraient susceptibles d'éprouver, par les différens degrés de température, des effets alternatifs de dilatation et de condensation, qui finiraient par diminuer beaucoup la force d'union de leurs assemblages. Ces effets

deviendraient d'autant plus dangereux, que les voûtes auraient un plus grand diamètre, à cause du plus grand poids mis en mouvement.

Pour prévenir ces inconvéniens, il faut éviter de couvrir ces voûtes avec des matières métalliques trop minces, qui, au lieu de les préserver de ces effets, les augmentent. C'est pour cette raison que, dans le projet de coupole en fer que j'avais proposé en 1803 pour la cour de la halle au Blé de Paris, la couverture devait être en tuiles plates vernissées, qui auraient mieux garanti les armatures composant la voûte en fer et leurs assemblages, qu'une couverture métallique sujette aux mêmes variations. Quant à l'objection qui m'a été faite par quelques personnes relativement au poids, j'observe, d'après les principes sur lesquels s'établit la véritable théorie de la construction, que, dans cette circonstance, le poids de la superficie servant de couverture à la voûte ne peut que contribuer à sa solidité, lorsqu'il se trouve dans un rapport convenable avec les efforts qui tendent à faire renfler les flancs.

La Figure 1 de la Planche CLXIII indique la projection en plan d'un quart de cette coupole, et le compartiment que devait former la combinaison des fermes verticales avec les cercles horizontaux.

La Figure 2 indique la vue intérieure de ce quart en élévation, avec la lanterne qui devait terminer la coupole.

Les Figures 3, 4, 5 et 6, indiquent le plan, les élévations à l'intérieur et à l'extérieur et le profil du compartiment, pour un élément de la coupole sur une plus grande échelle.

La Figure 5 fait voir l'arrangement des tuiles, le lattis en fer qui devait les soutenir, et la combinaison des courbes verticales et horizontales qui devaient former la voûte.

Les courbes ou armatures auraient été composées de parties en fer forgé, ajustées de manière à former la voûte par rangs horizontaux, comprenant en hauteur un caisson carré et un encadrement; en sorte que la pose en place pouvait se faire sans avoir besoin de charpente montant de fond, mais seulement de quelques échafauds légers dont le premier aurait porté sur la corniche, et les autres auraient été soutenus par chaque rang inférieur terminé, afin de poser et d'ajuster les pièces de celui au-dessus.

Le motif que je me suis proposé dans la combinaison des parties de ce projet de coupole, a été de former une surface ferme et continue, capable de résister en tous sens aux plus grands efforts qu'elle peut avoir

à soutenir, et de lui procurer une solidité et une durée égales à celles du reste de l'édifice. Ainsi, pour parvenir à donner à cette surface la fermeté et la continuité convenables, je remplissais à l'intérieur les vides des compartimens formés par le croisement des courbes verticales et horizontales, avec des plaques de fer fondu, d'environ un demi-pouce d'épaisseur, susceptibles par leur fermeté de résister à tous les efforts de pression; ces courbes, étant en fer forgé, dont la propriété est de résister aux efforts de tension, auraient servi à réunir toutes les parties de cette coupole de manière à former un corps continu, incompressible et indissoluble.

Je me proposais de n'employer, pour les assemblages de toutes les parties de cette coupole, que des ajustemens simples, capables de se prêter sans inconvénient à tous les effets que produisent sur les matières métalliques les différens degrés de température auxquels ils devaient être exposés, et à pouvoir remplacer facilement les pièces que des circonstances extraordinaires auraient pu endommager.

La coupole en fer, exécutée, n'est pas celle qui avait d'abord été proposée par M. Bélanger, avec des vitraux en forme de lucarne tout autour; elle paraît avoir été modifiée en partie d'après le projet que j'ai publié [1]. Cette coupole, dont la Planche CLXIV fait connaître le système de construction, diffère de celle que j'avais proposée, en ce qu'au lieu d'un compartiment double de caissons avec des encadremens, dont je décorais la surface intérieure, on a formé des caissons simples recreusés de l'épaisseur des courbes verticales et des entretoises qui les relient. Cette combinaison est réunie par un léger grillage en fer forgé, servant à soutenir les feuilles de cuivre très-minces qui forment la couverture.

[1] *Mémoire sur la reconstruction de la coupole de la Halle au Blé de Paris*, contenant :

1°. Une description de ce monument;

2°. Des observations sur les grandes voûtes de ce genre;

3°. Sur les matières les plus propres à leur contruction;

4°. Sur leur épaisseur, leur poids, leur poussée;

5°. Le détail des moyens pour exécuter solidement cette coupole, et autres grandes voûtes de ce genre de quatre manières différentes; savoir : en pierres de taille, en briques, en bois et en fer;

6°. Une comparaison de ces différentes constructions, et l'évaluation de la dépense que chacune pourrait occasioner :

Un vol. in-4°., 3 planches; chez l'auteur, Paris, 1803.

Toutes les parties de cette coupole, dont j'ai suivi l'exécution comme inspecteur général, ont été faites et ajustées avec des soins et une précision qui méritent les plus grands éloges, d'après les dessins et sous la conduite de M. Bélanger, architecte, et de M. Brunet, contrôleur.

FIN DU LIVRE SEPTIÈME.

LIVRE HUITIÈME.

COUVERTURE.

PREMIÈRE SECTION.

DISPOSITION DES MATÉRIAUX FAÇONNÉS EXPRÈS POUR LA COUVERTURE DES BATIMENS.

CHAPITRE PREMIER.

DE LA PENTE DES COMBLES.

On peut dire, en général, que la pente des combles est assez arbitraire, et que le goût seul peut être en droit de la déterminer, toutes les fois que les imperfections de la matière dont la couverture doit être faite n'y apportent point d'obstacles. Comme les toits sont destinés à préserver les monumens d'une prompte destruction, il est essentiel de n'employer dans leur composition que les matières les plus durables, et les moins propres à éveiller, en aucun temps, la cupidité des hommes. Ces graves considérations sembleraient devoir imposer à l'art l'obligation de rejeter toutes les dispositions qui ne sauraient être réalisées qu'à l'aide du métal, pour adopter exclusivement celles que le temps et l'expérience ont appropriées à la nature de la pierre et de la terre cuite.

On ne saurait nier que les combles peu élevés de l'Italie ne terminent les édifices d'une manière beaucoup plus agréable que les combles de formes rectangulaires et isocèles en usage en France et dans les pays septentrionaux; cependant, si dans ces climats on n'avait égard qu'à la plus grande durée des matières qu'on emploie le plus communément pour former les couvertures, il n'est pas douteux que les combles élevés ne dussent obtenir la préférence.

De toutes les matières propres à couvrir les édifices, les métaux laminés sont les seules qui puissent s'appliquer et convenir également à tous les degrés d'inclinaisons; à l'égard des autres, telles que la pierre, la tuile et l'ardoise, l'étude et l'expérience ont fixé les pentes qui leur conviennent dans de certaines limites dont la prudence ne permet pas de s'écarter.

CHAPITRE DEUXIÈME.

DES COUVERTURES EN BARDEAUX.

Nous avons vu au cinquième livre (page 3), que Vitruve semblait ne parler de la couverture de bardeaux (*scandulis*) que comme d'un usage étranger à l'Italie. On voit cependant par un passage du XVI°. livre de Pline, relatif aux couvertures de ce genre, que pendant long-temps les maisons de Rome furent couvertes de cette manière : l'on peut même inférer des instructions qu'il donne sur le choix des bois les plus propres à ces ouvrages, qu'ils étaient encore employés à l'époque où cet auteur écrivait.

« [1] Les meilleurs bardeaux, » dit-il; « sont ceux du rouvre, ensuite » ceux du hêtre, et des autres arbres qui portent du gland. Les plus aisés » à faire sont ceux des arbres résineux; mais, excepté ceux du pin, ils » ne sont pas de durée. Cornelius Nepos dit que jusqu'à la guerre de Pyrrhus, c'est-à-dire pendant quatre cent soixante-dix ans, la ville de » Rome ne fut couverte que de bardeaux. »

Les bardeaux sont des petites planches en bois de chêne, faites avec des douves de merrain ou de vieilles futailles, dont on se sert, au lieu d'ardoises, pour couvrir les moulins, les échoppes et autres petits bâtimens.

Le bardeau a 12 à 14 pouces de longueur sur 5 à 6 lignes d'épaisseur. Ce sont les couvreurs qui emploient le bardeau, et qui le taillent; ils ont pour cela une hachette faite exprès. On pose le bardeau sur des planches jointives, et on les arrête avec deux clous comme les ardoises. Le couvreur a soin de percer les bardeaux avec une vrille, de peur qu'ils ne se fendent en enfonçant les clous. Cette espèce de couverture est très-légère et résiste mieux aux coups de vent que l'ardoise; c'est pourquoi souvent on la préfère pour couvrir les flèches de clochers. Pour rendre cette couverture plus durable, on l'enduit de goudron ou de bitume, ou on la peint en noir ou en gros rouge à l'huile. Pour qu'elle se conserve long-temps, il faut renouveler cette peinture tous les trois ou quatre ans.

[1] Scandulæ è robore aptissimæ, mox è glandiferis aliis, fagoque : facillimæ ex omnibus quæ resinam ferunt; sed minimè durant, prœterquàm è pino. Scandulâ contectam fuisse Romam, ad Pyrrhi usquè bellum, annis CCCCLXX Cornelius Nepos auctor est. Plinii. *Naturalis Historiæ* Liber XVI, Cap. 10.

CHAPITRE TROISIÈME.

DES COUVERTURES EN TUILES.

Pline le naturaliste attribue l'invention des tuiles à Cinyra, fils d'Agriopas, de l'île de Chypre; mais il est probable que les Assyriens, qui ont employé des briques cuites fort long-temps avant les Grecs, connaissaient aussi l'usage des tuiles.

Précis de la fabrication des tuiles.

On trouve rarement de l'argile propre à faire seule de bonnes tuiles; on est presque toujours obligé d'y mêler d'autres terres ou du sable, en raison de ce qu'elles sont trop maigres ou trop grasses.

Pour les fabriquer, il faut avoir la précaution d'extraire la glaise à la fin de l'automne, et de l'étendre sur une grande superficie pour lui faire passer l'hiver, exposée à la pluie, à la gelée et au dégel, qui la fondent, pour ainsi dire, en pénétrant toutes les mottes ou grumeaux, ce qui la rend ensuite plus facile à pétrir et à corroyer.

Pour cette opération, on la distribue par tas de peu de hauteur, sur une aire circulaire. On la divise avec la houe, et on l'épluche, en la purgeant de toutes les matières étrangères qu'elle pourrait contenir. Ensuite on l'arrose et on la pétrit avec les pieds, à plusieurs reprises, en ayant soin de la changer de place chaque fois : c'est l'expérience qui indique combien cette opération doit être répétée, en raison de la nature de la glaise et de son mélange avec d'autres terres ou avec du sable.

La matière étant bien préparée, il faut la comprimer en la moulant, et ne la mettre au four qu'après l'avoir fait sécher avec précaution. Le temps nécessaire à la dessication dépend de leur forme, de leur grandeur, et surtout de leur épaisseur, ainsi que de la saison où elles sont moulées.

Les tuiles exigent une pâte plus fine, mieux corroyée et plus comprimée que les briques.

En général, c'est au son, à la texture intérieure, qu'on connaît la bonne tuile; la couleur plus ou moins foncée dépend de l'espèce de terre.

Relativement à la forme, on en distingue de quatre espèces qui sont le plus en usage, Figures 1 à 7, Planche CLXV.

Les tuiles creuses en forme de canal sont indiquées par A; B indique les tuiles à doubles courbures formant S, ou tuiles flamandes; C, les tuiles plates à rebord, dont on se sert à Rome; D, les tuiles plates sans rebord et portant crochet, ou des trous pour être attachées avec des clous [1].

Le genre de couverture le plus ancien et le plus solide est celui à la romaine, qui est encore en usage en Italie; il se compose de deux espèces de tuiles, les unes plates et à rebord, et les autres creuses.

Pour faire cette espèce de couverture, on commence à placer sur les chevrons, espacés d'environ un pied de milieu en milieu, de grandes briques posées de plat, qui vont d'un chevron à l'autre, Figure 1; ces briques, appelées à Rome *pianelle*, ont 11 pouces et demi de long, 5 pouces 10 lignes de large, et 13 lignes d'épaisseur; elles sont jointes l'une à l'autre avec du mortier. Sur cette espèce de carrelage on pose les tuiles plates à rebord par rangs dans le sens de la pente; comme elles sont plus larges par le haut que par le bas, on les fait recouvrir l'une sur l'autre d'environ 3 pouces, en les faisant entrer le bas de l'une dans le haut de l'autre. Lorsqu'on veut faire des couvertures très-solides, on les pose en mortier; mais ordinairement on ne s'en sert que pour les tuiles du bas.

Les tuiles qui forment ces rangées sont éloignées les unes des autres, dans leur plus grande largeur, d'environ un pouce. L'intervalle qu'elles laissent entre elles est recouvert par des tuiles creuses dont la partie ronde est en dessus, et qui se recouvrent les unes et les autres comme les tuiles plates à rebord de dessous, avec lesquelles elles se raccordent, ainsi qu'on le voit indiqué par les Figures 1 et 2, dont une partie fait voir les chevrons, l'autre les briques ou *pianelle*, les rangées de tuiles plates à rebord appelées *tegole*, et les tuiles creuses qui recouvrent les intervalles, nommées *canali* [2].

[1] Au palais Bourbon, on a fait usage, pour la couverture des combles briquetés, d'une espèce de tuiles plates en fer fondu, qui portent des rebords pour se recouvrir mutuellement dans leurs joints montans qui forment des espèces de côtés triangulaires. Ces tuiles ont, par derrière, deux crochets pour se fixer sur un lattis comme les tuiles ordinaires; elles se posent par rangs horizontaux, et ne se recouvrent que d'un cinquième. Leur épaisseur n'étant que d'environ une ligne $\frac{1}{2}$, elles ne pèsent pas plus que les tuiles de terre cuite, sont plus durables et n'exigent pas d'entretien.

[2] A Rome, on voit quelques exemples de couvertures, dans lesquelles les *canali* sont

La grandeur de ces tuiles varie dans les différens endroits de l'Italie où l'on en fait usage; mais elle est fixée à Rome, où leurs mesures sont gravées au Capitole sur une table de marbre.

La longueur des *tegole* et des *canali* est de 15 pouces $\frac{1}{4}$. La plus grande largeur des *tegole* est de 12 pouces 4 lignes, et la plus petite de 9 pouces 3 lignes. Les rebords de droite et de gauche ont 11 lignes de hauteur et 10 lignes de largeur. L'épaisseur de la tuile, entre les bords, est de 10 lignes.

La plus grande largeur ou diamètre des tuiles creuses appelées *canali* est de 8 pouces 11 lignes; la plus petite de 6 pouces 6 lignes sur 8 lignes $\frac{1}{2}$ d'épaisseur.

Lorsque toutes ces tuiles sont posées en mortier, elles forment des couvertures indestructibles. Il existe à Rome un très-ancien temple voûté, dont la couverture en tuiles est aussi ancienne que ce temple, connu sous le nom *de Temple de l'Honneur et de la Vertu*, et actuellement l'église de Saint-Urbin au-dessus de la fontaine Égérie. Le sceau, imprimé sur quelques-unes de ces tuiles, porte le nom de l'impératrice Faustine, femme d'Antonin, ce qui placerait l'époque de la construction de ce temple à plus de seize siècles.

Ces tuiles sont de même forme que celles dont il vient d'être question, mais un peu plus grandes. Les Romains désignaient les tuiles plates à rebord sous le nom de *tegulæ hamatæ*, et les tuiles creuses qui servaient à les recouvrir, sous celui de *tegulæ imbricatæ* ou simplement *imbrices*.

J'ai mesuré, dans les ruines des thermes de Caracalla, des parties de couverture de ce genre dont les tuiles avaient plus de 2 pieds de longueur sur près de 20 pouces de largeur; ces parties adhérentes aux murs étaient encore en très-bon état; le surplus a été détruit avec les voûtes qui en étaient recouvertes [1].

Dans les parties méridionales de la France et dans plusieurs autres pays, on fait des couvertures qui ne sont composées que des tuiles creuses semblables à celles que les Italiens appellent *canali*; leur grandeur varie dans différens pays. Celles qu'on emploie le plus ordinairement

remplacés par des *tegole* retournés. Cette disposition a l'avantage de donner beaucoup moins de prise aux vents, et tranforme les toits en espèces de terrasses.

[1] On a trouvé à Pouzzoles des tuiles en marbre, dont la forme et le dimensions étaient semblables à celles des thermes de Caracalla.

ont de longueur 15 pouces; leur largeur, par le grand diamètre, est de 7 pouces 6 lignes, environ moitié de leur longueur. Le diamètre du petit bout est de 5 pouces 7 lignes ½; la courbure ne forme pas tout-à-fait un demi-cercle, mais un arc d'environ 150 degrés; leur épaisseur est d'un demi-pouce.

Pour former cette espèce de couverture, il ne faut pas que la pente du comble soit de plus de 26 degrés, c'est-à-dire que, pour un comble à deux pentes comme un fronton, la hauteur ne doit pas être plus du quart de sa base et de la moitié pour une seule pente; ordinairement on leur donne la proportion du fronton ou le cinquième de la base pour chaque pente, ou 21 degrés 48 minutes d'inclinaison.

Si le comble est en charpente, il faut d'abord qu'il soit couvert en planches clouées sur les chevrons; et, s'il est en maçonnerie, il faut qu'il présente une surface dressée selon une pente uniforme, comme celle en planches du comble en charpente; sur la surface du comble ainsi préparée, on commence par disposer en ligne droite, selon la direction de la pente, deux rangées de tuiles dont la surface creuse est en dessus. Ces tuiles, qui sont plus étroites d'un bout que de l'autre, doivent se recouvrir d'environ deux pouces et former deux espèces de rigoles ou chaîneaux continus. Comme elles sont placées sur le dos, qui est rond, pour les fixer on les accote de droite et de gauche avec de petites pierres ou des débris des vieilles tuiles; et, pour empêcher les premières tuiles du bas de glisser, on les pose en mortier. Ces rangées doivent être éloignées l'une de l'autre d'environ 1 pouce ½, à l'endroit où les tuiles sont le plus larges. Cet intervalle est recouvert par d'autres tuiles dont la partie ronde est en dessus, qui se recouvrent les unes et les autres, et forment des cordons saillans qui jettent l'eau dans ceux qui forment chaîneaux. A Lyon on donne le nom de *chanées* aux tuiles de dessous, et celui de *chapeaux* aux tuiles de dessus. Les Figures 3 et 4 indiquent l'arrangement de cette espèce de couverture.

Lorsque le comble est à deux pentes, on recouvre l'angle qu'ils forment avec de plus grandes tuiles de même forme, qui se posent en mortier et à recouvrement les unes sur les autres; on forme les noues avec ces mêmes tuiles posées de même en mortier et à recouvrement.

Lorsqu'on veut rendre cette couverture très-solide, on pose toutes les tuiles en mortier, comme je l'ai vu pratiqué pour des églises dont

la couverture, aussi ancienne que l'édifice, s'était conservée en très-bon état.

Couvertures en tuiles flamandes.

Ces tuiles, qui sont à double courbure en forme d'S, sont en usage en Flandre, en Hollande et en plusieurs parties de l'Allemagne; comme elles portent un crochet par derrière, elles peuvent se placer sur des combles dont la pente est plus raide, c'est-à-dire depuis 30 jusqu'à 40 degrés.

Ces tuiles, qui ont une partie convexe et une concave, se recouvrent sur leur longueur et sur leur largeur; elles forment, comme les couvertures en tuiles creuses, des cordons selon la pente du comble.

Le crochet ou tasseau qu'elles portent par derrière, fait qu'elles peuvent se poser sur un lattis comme les tuiles plates; mais, comme elles ont peu de recouvrement et qu'elles sont toujours un peu gauches, elles ont besoin d'être mastiquées dans leurs joints, pour que l'eau n'y pénètre pas dans les grandes pluies. D'ailleurs elles s'arrangent mal et présentent un effet plus désagréable que les autres couvertures en tuiles creuses ordinaires. Les Figures 5 et 6 présentent les détails des couvertures en tuiles flamandes.

Des couvertures en tuiles plates.

Cette espèce de couverture convient mieux pour les combles qui ont beaucoup de pente, que pour ceux qui en ont peu. Pour ces dernières, les couvertures en tuiles creuses sont préférables, parce que l'eau qui se rassemble dans les rangées de tuiles qui forment chaîneaux, a plus de facilité et de force pour s'écouler, que l'eau éparse sur des couvertures plates qui n'ont pas beaucoup de pente et que les vents, dans les grands orages, font remonter au-dessus des recouvremens [1].

[1] On faisait autrefois des couvertures en tuiles peintes et vernissées jaunes et vertes, qu'on disposait par compartimens en forme de mosaïque, et qui produisaient un assez bel effet, surtout lorsque le soleil donnait dessus. On en fait encore usage en Italie; presque tous les dômes du royaume de Naples sont couverts de cette manière. On a trouvé beaucoup de ces tuiles dans la couverture de l'ancienne église de Sainte-Geneviève démolie depuis quelques années; *elles paraissaient aussi anciennes que l'édifice.*

A Lyon, et dans plusieurs villes de France où l'ardoise est rare, on fait usage de ces tuiles

La moindre pente qu'on puisse donner à ces couvertures, est de 27 degrés jusqu'à 60.

La forme des tuiles plates est ordinairement rectangulaire, plus longue que large; elles portent par derrière une espèce de tasseau de même matière, qui sert à les accrocher, et quelquefois des trous pour les fixer plus solidement avec des clous. Il faut que les tuiles soient un peu cambrées sur leur hauteur, afin qu'elles joignent mieux par le bas. La partie apparente, ou pureau, doit être en général du tiers de la hauteur de la tuile.

Les dimensions des tuiles, à Paris, sont, pour le grand moule, de 11 pouces $\frac{1}{2}$ de longueur ou hauteur, sur 8 pouces $\frac{1}{2}$ de largeur. Leur épaisseur est de 7 lignes, et leur poids est d'environ 4 livres.

Pour le petit moule, la longueur est de 9 pouces $\frac{1}{2}$, et la largeur de 6 pouces $\frac{1}{4}$ sur un peu moins de 6 lignes d'épaisseur, le cent pèse 270 livres.

Les tuiles faîtières, qui sont creuses, ont de longueur 14 pouces sur 12 pouces de contour ou 9 pouces de diamètre; à Paris, elles sont cylindriques et ne se recouvrent pas; c'est une mauvaise méthode imaginée par les couvreurs de Paris, qui font payer les plâtres aussi cher que la couverture; elle nuit à la solidité de l'ouvrage, coûte plus cher, et exige plus d'entretien.

Pour que les tuiles aient les meilleures proportions possibles, il faut, en général, que leur largeur soit les deux tiers de leur longueur, et leur épaisseur le vingtième.

Pour les faîtières, leur longueur devrait être égale à leur contour pris en dessus sur un vingtième d'épaisseur.

Pour faire une couverture en tuiles plates, il n'est pas nécessaire que les chevrons soient recouverts en planches, il suffit que ces pièces soient bien arrêtées et dressées par dessus; lorsqu'elles ne le sont pas assez exactement, le premier soin des couvreurs doit être de recouper les

vernissées et peintes en noir pour couvrir les brisis des combles à la Mansard. *J'ai vu, dans plusieurs anciens châteaux, des pavillons couverts de cette manière, qui existaient depuis plusieurs siècles sans avoir eu besoin de réparation.* Dans le projet de coupole que j'ai publié en 1803, pour couvrir la cour de la Halle au Blé de Paris, j'avais proposé de faire usage de tuiles vernissées couleur d'ardoise. Ce genre de couverture est en même temps le plus solide et le plus durable; celui qui est le plus propre à mettre les édifices à l'abri des intempéries de l'air et des incendies, parce qu'il peut résister aux orages, aux coups de vents les plus impétueux et à la violence du feu.

parties trop hautes; ils ont pour cela un outil qui forme hachette d'un côté et marteau de l'autre.

Sur la superficie des chevrons bien dressée, les ouvriers posent des lattes en commençant par le bas; ces lattes sont en bois de chêne refendu; elles doivent être de droit fil, sans nœuds, clouées sur chaque chevron. On les pose par rangs de niveau et en liaison, c'est-à-dire que les bouts des lattes ne doivent pas se trouver à chaque rang sur le même chevron, mais sur des chevrons différens, afin de les mieux lier ensemble. Cet arrangement produit une grande solidité, tant pour la charpente que pour la couverture. La distance des rangs de lattes doit être du tiers de la hauteur de la tuile. Ces lattes, qu'on désigne sous le nom de lattes carrées, ont 4 pieds de longueur, afin de pouvoir être clouées sur quatre chevrons espacés d'un pied; c'est ce qu'on appelle les *quatre à la latte*. Autrefois ces lattes avaient deux pouces de largeur et environ 3 lignes d'épaisseur; mais, par un abus que le gouvernement devrait réprimer, ces lattes n'ont plus que 18 à 20 lignes de largeur sur environ une ligne ½ d'épaisseur; ce qui rend les couvertures beaucoup moins solides et par conséquent moins durables et sujettes à plus d'entretien.

Le clou dont on se sert pour attacher ces lattes a un pouce de long; lorsqu'il est fin, il en faut 320 pour une livre, et ordinairement 260.

Les lattes étant posées, on commence la couverture par le rang du bas qui forme égout; il peut être fait de trois manières différentes; savoir : à *égout simple*, à *égout retroussé*, et à *égout pendant*, figures 7, 8, 9 et 10.

1°. Lorsqu'au bas d'un comble il se trouve une corniche avec un chaîneau destiné à recevoir les eaux de la couverture, c'est le cas d'un égout simple, c'est-à-dire qu'on se contente de faire recouvrir le bord du chaîneau par le premier rang de tuiles.

2°. S'il se trouve une corniche sans chaîneau, on forme un égout retroussé; pour cela, on commence à poser un premier rang de tuiles en plâtre ou en mortier sur le bord de la corniche, qui avance au-delà de la cimaise d'environ 4 pouces; le premier rang doit avoir un peu de pente en dehors; on double le premier rang par un second posé en liaison, qui n'avance pas plus que le premier et qui se nomme *doublis*.

Lorsqu'on ne met que deux rangs de tuiles pour former l'égout retroussé, on dit qu'il est simple; ceux qu'on appelle doubles sont formés de cinq rangs de tuiles, mais ces derniers sont rarement nécessaires. Les

couvreurs disposent quelquefois le premier rang de tuiles diagonalement, comme l'indique la Figure 11, en sorte que le bord forme une dentelure comme une scie. On pose le second rang à l'ordinaire, et, pour faire paraître cette dentelure, on blanchit les tuiles d'un de ces rangs et on noircit celles de l'autre. Ce moyen est plus coûteux, parce qu'il exige un troisième rang.

3°. L'égout pendant n'a lieu que lorsqu'il n'y a pas de corniche pour soutenir le bas de la couverture. Pour former cette espèce d'égout, on commence par clouer, sur les bouts des chevrons qui doivent avancer de 18 pouces environ au-delà du parement extérieur du mur de face, un rang de planches appelées chanlattes, taillées en couteau, c'est-à-dire plus épaisses d'un bord que de l'autre, afin de procurer au premier rang de tuiles le relèvement nécessaire pour former l'égout. Sur ces chanlattes on pose un double rang de tuiles, comme il a été ci-devant expliqué.

L'égout étant formé comme il convient, on accroche sur le premier rang de lattes, au-dessus des tuiles qui forment l'égout, un rang de tuiles qui forme *pureau* sur celles de l'égout : comme elles prennent une autre inclinaison, il est à propos de doubler le bas de ce premier rang par des demi-tuiles posées en plâtre ou en mortier. Sur ce premier rang on en accroche un second, de manière que les joints montans répondent au milieu de la largeur des tuiles du premier rang. Comme les rangs de lattes ne sont éloignés que du tiers de la longueur de la tuile, il en résulte que la partie apparente du premier rang, ainsi que des autres, n'est que le tiers de la longueur de la tuile ; c'est cette partie apparente que les couvreurs appellent *pureau*.

On continue à poser les autres rangs de tuiles en allant de bas en haut, et en observant de faire les pureaux d'égale hauteur et bien alignés en dessous, et que les joints montans de chaque rang répondent toujours au milieu des tuiles de dessous jusqu'à ce qu'on soit parvenu au sommet du comble. Lorsque le comble est à deux pentes, on recouvre l'angle que forment ces pentes à leur réunion par un rang de tuiles creuses, auxquelles on donne le nom de tuiles faîtières, dont il a été ci-devant question, qu'on pose en plâtre ; mais comme à Paris ces tuiles sont cylindriques, c'est-à-dire, d'égale largeur par les deux bouts, elles ne peuvent pas s'emboîter pour se recouvrir, et on est obligé de faire les joints en plâtre, ce qui n'est pas aussi solide.

On termine les toits à une seule pente, et les pignons par des filets

en plâtre qu'on désigne sous les noms de *solins* quand ils sont isolés, et de *ruellées* lorsqu'ils sont le long des murs.

Les plis que forment les surfaces des combles en suivant la direction des murs se nomment *arêtiers* au droit des angles saillans, et *noues* au droit des angles rentrans.

Pour raccorder ces angles, on est obligé de couper les tuiles diagonalement, de manière à conserver le crochet; sinon on les cloue. Comme ces tuiles coupées ne se joignent pas assez exactement pour empêcher les eaux de pénétrer, on recouvre les angles saillans ou arêtiers, d'un filet de plâtre d'environ un pouce et demi de largeur, qui enveloppe de chaque côté les parties tranchées.

Pour les angles rentrans appelés *noues*, on laisse un intervalle entre les arêtes tranchées qui terminent les pentes, et on pose en dessous une rangée de tuiles creuses à recouvrement, posées en mortier ou en plâtre, pour former un chaîneau dans lequel une partie des eaux des deux pentes vient se rendre.

Les pentes des couvertures se trouvent interrompues par des lucarnes de plusieurs façons, qu'on désigne sous les noms de lucarnes demoiselles; — à la capucine; — à chevalet; — flamandes; — rondes; — bombées; — carrées, etc.

Ces lucarnes exigent des couvertures différentes; les unes sont à une seule pente et les autres à plusieurs. Toutes ces couvertures s'exécutent comme les précédentes, en observant de faire les faitages, les noues et les arêtiers, comme nous l'avons expliqué pour les grandes couvertures.

CHAPITRE QUATRIÈME.

DES COUVERTURES EN ARDOISE.

L'ardoise est une espèce de pierre schisteuse dont on fait beaucoup d'usage pour les couvertures, à cause de la propriété qu'elle a de pouvoir se débiter en lames fort minces, très-unies et légères, d'une couleur plus agréable et plus uniforme que les tuiles qui ne sont pas vernissées; mais elle a le désavantage d'être moins durable. Les ardoises se font actuellement si minces, que le moindre coup de vent en dépouille les combles qu'elles laissent tout à coup exposés aux grandes pluies dans les temps d'orages; elles ont encore l'inconvénient d'éclater au feu, en sorte que, dans les cas d'incendie, le lattis et la charpente étant découverts, il en résulte un embrasement qu'il n'est plus possible d'éteindre.

Dans un climat tel que Paris, l'ardoise ne convient pas pour la couverture des combles qui ont moins de 30 degrés d'inclinaison. On a remarqué que dans les temps humides, et lorsqu'il tombe des pluies très-fines, le dessous des ardoises des couvertures qui ont peu de pente, est presque aussi mouillé que le dessus, parce que le peu d'eau que produisent ces pluies remonte sous le recouvrement, plutôt que de couler, ne pouvant surmonter par son poids son adhérence aux doubles surfaces du recouvrement, qui font l'effet des tuyaux capillaires. Le même inconvénient arrive lorsque les neiges commencent à fondre. Cet effet est plus sensible pour les ardoises que pour les tuiles plates, et plus encore pour les couvertures en vitrage. En général, plus les matières dont on se sert pour couvrir sont unies et compactes, plus l'eau est sujette à remonter entre leurs surfaces, et plus il faut donner de recouvrement ou de pente aux combles sur lesquels elles doivent être posées.

Les ardoises dont on se sert à Paris se tirent des carrières d'Angers; elles passent pour être de la meilleure qualité. Ces carrières sont si abondantes, qu'il s'en fait un commerce considérable, tant pour la France que pour les pays étrangers. On en distingue de trois qualités : l'une fort dure, qui se fend difficilement, et s'emploie comme moellon dans les environs d'Angers; une autre beaucoup plus tendre, qui ne présente d'abord qu'une espèce d'argile bleue et qui n'acquiert de dureté qu'après

avoir été exposée à l'air pendant quelque temps; enfin la moyenne, qu'on débite pour les couvertures.

Les meilleures ardoises ont un son clair et la couleur d'un bleu léger; celles dont la couleur tire sur le noir s'imbibent d'eau plus facilement. Les bonnes ardoises sont plus dures et plus raboteuses au toucher que les mauvaises, qui sont aussi douces que si on les eût frottées d'huile.

Les parties argileuses dont se compose l'ardoise étant extrêmement fines et rapprochées, sa pesanteur spécifique est plus considérable que celle des pierres les plus dures. Elle va à plus de 3,000, ce qui fait 221 livres par pied cube, tandis que les basaltes et les porphyres les plus durs et les plus compactes ne passent pas 215.

On débite dans les carrières d'Angers des ardoises de quatre échantillons différens : 1°. la grande carrée forte, de 11 pouces de long sur 8 pouces de large, dont l'épaisseur varie de 1 ligne $\frac{1}{4}$ à une ligne $\frac{1}{2}$;

2°. La grande carrée fine, de mêmes longueur et largeur que la précédente, dont l'épaisseur varie depuis $\frac{1}{2}$ de ligne jusqu'à $\frac{3}{4}$ de ligne;

3°. Les ardoises appelées cartelettes, qui n'ont que 8 pouces de long sur 6 pouces de large; et celles appelées fortes, portant depuis une ligne $\frac{1}{4}$ jusqu'à une ligne $\frac{3}{4}$ d'épaisseur;

4°. Les cartelettes minces, de même longueur et même largeur, mais dont leur épaisseur varie depuis $\frac{1}{2}$ de ligne jusqu'à $\frac{3}{4}$.

Il y a environ quarante ans que les marchands vendaient séparément les ardoises fortes et les faibles; on payait les fortes trois ou quatre francs par mille, de plus que les minces; actuellement ils les mêlent, et les vendent toutes le même prix, ce qui fait beaucoup de tort, tant aux couvreurs à cause de la casse, qu'aux propriétaires parce que les couvertures d'ardoises mêlées sont moins solides et durent beaucoup moins. Le moindre coup de vent emporte les plus minces, indépendamment de ce que les ardoises, étant posées en liaison les unes sur les autres, celles qui portent sur des ardoises de différente épaisseur ne joignent pas aussi bien, portent à faux et se rompent plus facilement. Il serait autant de l'intérêt du gouvernement que de celui des particuliers de fixer les épaisseurs des ardoises, et d'en donner communication à ceux qui les exploitent dans les carrières. A partir d'une époque fixée, on n'admettrait plus sur les ports les ardoises dont l'épaisseur serait moindre d'une ligne. Quant à celles déjà débitées ou qui sont sur les ports, on en ordonnerait le triage, en accordant un temps limité pour la vente.

Le millier d'ardoises, dites grandes carrées fortes, pèse de 11 à 1,200 liv.

Le millier des grandes carrées fines, de 4 à 500.

Le millier d'ardoises cartelettes fortes, de 7 à 800.

Le millier des cartelettes fines, de 3 à 400.

Les grandes ardoises s'emploient à 4 pouces de pureau; il en faut 162 pour une toise superficielle, et 42 pour un mètre carré.

Les cartelettes s'emploient à 3 pouces de pureau; il en faut 288 pour une toise superficielle, 74 pour un mètre carré.

On tire encore des ardoises des environs de Charleville, de Fumay et de Rimogne, département des Ardennes. Celles qu'on tire des environs de Charleville sont grises, leurs surfaces sont moins lisses que celles des ardoises d'Angers; elles sont plus grossières et plus cassantes; on en forme de deux échantillons différens.

Les grandes, qu'on désigne sous le nom de grand Saint-Louis, se tirent de Devillé-sur-Meuse; elles ont 7 pouces de largeur sur 10 pouces réduits de longueur, parce qu'elles ne sont pas équarries par le haut; on les pose à trois pouces $\frac{1}{2}$ de pureau; en sorte qu'il en faut 220 pour une toise superficielle, et 56 pour un mètre carré; leur épaisseur est d'environ une ligne $\frac{1}{4}$; le poids du millier est évalué à 800.

L'autre échantillon, appelé petit Saint-Louis, porte 6 pouces de largeur sur 9 pouces $\frac{1}{2}$ réduits de longueur, et environ $\frac{3}{4}$ de ligne d'épaisseur. Elles se posent à 3 pouces $\frac{1}{2}$ de pureau; de sorte qu'il en faut 312 pour une toise superficielle, et 74 pour un mètre carré.

Les ardoises de Fumay, connues sous le nom de *poil noir*, sont d'un noir roux; on en débite de deux espèces de mêmes largeur et longueur, qui ne diffèrent que par leur épaisseur. Leur largeur est de 6 pouces, et leur longueur réduite est de 9 pouces; elles se posent à 2 pouces $\frac{3}{4}$ de pureau: il en faut 312 pour une toise superficielle, et 74 pour un mètre carré; les *fortes* ont environ une ligne $\frac{1}{4}$ d'épaisseur, et les faibles $\frac{3}{4}$ de ligne. Le poids du millier des ardoises fortes varie de 6 à 700, et celui des faibles de 350 à 400.

Nous avons réuni, dans le *tableau ci-contre*, tout ce qu'il est intéressant de connaître pour la comparaison des différentes espèces d'ardoises qu'il contient, et qui sont le plus en usage pour les couvertures. Il en résulte que pour Paris ce sont les ardoises d'Angers qui méritent la préférence, surtout la qualité désignée sous le nom de grande carrée forte.

TABLEAU COMPARATIF

Des Ardoises d'Angers avec celles de Charleville et de Fumay (departement des Ardennes).

ARDOISES	Pesanteur spécifique.	Poids d'un pied cube. liv.	onc.	gr.	Quantité d'eau dont elles se pénètrent.	DIMENSIONS en anciennes mesures. long. pou.	larg. pou.	épais. lig.	DIMENSIONS en mesures métriques. Long.	Larg.	Épais.	FORCE en livres. liv.	onc.	FORCE en kilog.	POIDS d'un millier. en livres.	en kilog.	QUANTITÉ nécessaire pour une toise carrée.	pour un mètre carré.
D'Angers, dite *grande carrée forte*	2786	195	0	2	[illegible]	11	8	[illegible]	0,290	0,217	0,003	24	8	11,992	1248	610,903	162	42
Idem, dite *fine*	2797	195	12	[illegible]	[illegible]	11	8	1 [illegible]	0,298	0,217	0,008	5	8	2,692	416	203,634	162	42
Idem, dite *carrelette*	2840	198	12	[illegible]	[illegible]	8	6	1 [illegible]	0,217	0,162	0,003	21		10,280	695	340,207	288	75
De Charleville, *grand échantillon*	2818	197	4	[illegible]	[illegible]	10	7	1 [illegible]	0,271	0,189	0,003	22	12	11,136	986	482,654	220	56
Idem	2704	189	4	3	[illegible]	10	6	1 [illegible]	0,271	0,162	0,0035	9		4,406	473	231,536	312	80
De Fumay, fosse de Charnoi, dite *de bateau*	2700	189	0	[illegible]	[illegible]	9	6	1 [illegible]	0,244	0,162	0,003	22	8	11,013	598	292,725	312	80
Idem, dite *de chariot*	2987	209	1	3	[illegible]	9	6	1 [illegible]	0,244	0,162	0,0035	9	8	4,650	418	204,613	312	80
Idem, fosse de Sainte-Anne, dite *de bateau*	3134	219	10		[illegible]	9	6	1 [illegible]	0,244	0,162	0,003	27	12	13,584	678	331,885	312	80
Idem, dite *de chariot*	2936	205	8	2	[illegible]	9	6	1 [illegible]	0,244	0,162	0,0035	9	8	4,650	412	201,676	312	80
Idem, fosse de Limeri, dite *de bateau*	2772	196	0	5	[illegible]	9	6	1 [illegible]	0,244	0,162	0,003	29	4	14,318	873	427,339	312	80
Idem, dite *de chariot*	3091	216	5	7	[illegible]	9	6	1	0,244	0,162	0,002	13	12	6,731	430	210,487	312	80

Manière dont se fait la couverture d'ardoises à Paris.

On commence, comme nous l'avons expliqué pour les couvertures en tuiles plates, par dresser les chevrons et latter en commençant par le bas. On emploie quelquefois des lattes carrées, comme pour les tuiles, dont la largeur est d'environ 3 pouces. Mais, pour faire de meilleur ouvrage, on se sert de lattes de sciage de 4 pieds de longueur sur 4 à 5 pouces de large. Ces lattes se vendent par bottes qui en contiennent 26; il en faut 18 pour une toise carrée; elles sont en bois de chêne et doivent être de droit fil, sans nœuds ni aubier. Pour fortifier ce lattis, on met entre les chevrons des contre-lattes de 4 pouces de largeur sur 8 lignes d'épaisseur; elles se vendent aussi par bottes, qui en contiennent 10 de six pieds de longueur. Pour une toise carrée il faut environ 5 toises de longueur de contre-lattes.

Les lattes s'attachent sur quatre chevrons avec deux clous sur chacun, placés à 1 pouce ½ de distance l'un de l'autre.

Ces lattes se posent, comme pour les couvertures en tuiles, par rangs horizontaux et en liaison. Les contre-lattes se mettent sous les lattes, entre les chevrons; on les arrête avec deux clous à la rencontre de chaque latte.

Lorsqu'on veut se dispenser des contre-lattes, on pose sur les chevrons des lattes-voliges, c'est-à-dire des planches de sapin de 6 lignes d'épaisseur sur 6 à 7 pouces de largeur et 6 pieds de long, qu'on arrête avec trois clous sur chaque chevron; ce moyen est préférable, parce qu'il produit une superficie plus droite et plus solide. Souvent on emploie des voliges en peuplier et autres bois blancs au lieu de sapin, qui font des lattes moins solides et moins durables.

Le lattis étant fait, avant de poser l'ardoise on forme l'égout, c'est-à-dire le bord inférieur de la couverture Cet égout peut se faire de trois manières, comme pour les couvertures en tuiles, c'est-à-dire simple, retroussé, ou pendant.

L'égout simple se fait en posant le premier rang d'ardoises, de manière qu'elles recouvrent le chaîneau pour verser les eaux dedans. Les égouts retroussés se font en tuiles, comme nous l'avons ci-devant expliqué : on a seulement la précaution de peindre ces tuiles en noir, pour ne pas faire disparate avec l'ardoise. A partir de l'égout, le surplus de

la couverture s'opère comme pour la tuile, en posant les ardoises par rangs horizontaux et en liaison, et bien alignées par le bas, arrêtées chacune avec deux clous. On donne au pureau, ou partie apparente, le tiers de la longueur de l'ardoise. Il faut remarquer que le pureau est le même, quelle que soit la pente des toits. Il serait cependant convenable que le pureau fût moins grand pour les toits qui ont peu de pente que pour ceux qui en ont beaucoup; ainsi, sur les combles à la Mansard, dont la partie inférieure a plus de 60 degrés de pente, les ardoises pourraient avoir des pureaux des trois quarts de leur hauteur, tandis que, pour la partie supérieure des mêmes combles, dont la pente est de moins de 30 degrés, les pureaux pourraient être réduits jusqu'au quart. Sur des combles à 45 degrés, les pureaux partageraient les ardoises en deux également.

Dans les combles à la Mansard, on observe de former au droit du brisis un petit égout, de 2 ou 3 pouces de saillie, pour recouvrir le dernier rang d'ardoises de la partie inférieure; quelquefois on y met une bavette de plomb.

Dans les combles des bâtimens d'une certaine importance, on forme en plomb les faitages, les noues, les chéneaux, les arêtiers et le dessus des lucarnes.

On peut cependant, lorsqu'on veut y mettre de l'économie, se dispenser de plomb pour les faitages, les arêtiers et les noues, en les formant en tuiles creuses, comme nous l'avons ci-devant expliqué pour les couvertures en tuiles. On peint les tuiles du faitage et des arêtiers en noir à l'huile. Pour former les arêtiers et les noues, on coupe les ardoises diagonalement. Pour les arêtiers qui ne doivent être recouverts ni en plomb ni en tuiles, on a soin de tailler les ardoises de manière qu'elles forment juste l'arêtier, et que les unes recouvrent exactement l'épaisseur des autres, afin que l'eau ne puisse pas s'introduire dans les joints. On peut poser par le bas une petite bavette de plomb taillée en *oreille de chat*, qui ait un peu plus de saillie que l'ardoise.

DEUXIÈME SECTION.

DISPOSITION DE DIVERSES MATIÈRES APPROPRIÉES A LA COUVERTURE DES BATIMENS.

CHAPITRE PREMIER.

DES COUVERTURES EN PIERRE.

On trouve, dans plusieurs pays, des pierres qui se refendent en dalles très-minces, dont on fait usage pour les couvertures. En plusieurs endroits, on désigne improprement ces pierres, qui sont souvent blanches, et calcaires, sous le nom de laves. Leur grandeur est depuis 1 pied jusqu'à 2, et leur épaisseur depuis 5 et 6 lignes jusqu'à 1 pouce. On pose les *laves* les plus épaisses sur les murs de face et les pignons, et on réserve les plus minces pour le milieu de la charpente du comble.

Ces pierres étant très-irrégulières, les couvreurs les taillent avec une hachette faite comme celle des maçons.

On ne peut poser cette espèce de couverture que sur des combles qui ont peu d'inclinaison, pour que ces pierres ne puissent pas glisser. Lorsque cette couverture est bien faite avec de bonnes pierres qui ne craignent pas la gelée, que toutes les pièces sont bien ajustées et bien calées, elle est très-solide et dure très-long-temps, sans aucun entretien; j'en ai vu qu'on m'a dit être faites depuis plus de cent ans, et qui étaient encore en bon état.

On trouve de ces couvertures dans les départemens qui ont été découpés dans une partie des provinces de Bourgogne et de Franche-Comté, ainsi que dans la Savoie.

Pour procurer aux couvertures en pierres des grands édifices une plus belle apparence, on les a formées de dalles régulièrement distribuées, et posées à recouvrement les unes sur les autres, afin d'empêcher l'eau de pénétrer dans les joints horizontaux. Les joints montans sont recouverts par d'autres dalles appelées chevrons, portant de chaque côté des entailles en redents, selon le profil des autres dalles, ainsi qu'on le voit exprimé par les Figures 18 et 19. Ces espèces de couvertures ne sont faites que pour être établies sur des voûtes.

La première couverture de ce genre qui ait été établie en France, est celle du château de Saint-Germain-en-Laye, que Ducerceau croyait être aussi la première de l'Europe [1].

On a représenté par les Figures 20 et 21 l'arrangement des dalles qui forment la couverture au-dessus de la colonnade extérieure du dôme de Sainte-Geneviève; toutes les dalles et les chevrons sont à recouvrement, avec rejet d'eau; elles ont été posées à bain de ciment sur une aire étendue sur l'extrados de la voûte. C'est le moyen de les rendre impénétrables à l'eau et extrêmement durables, quand même ces dalles seraient sans recouvrement, comme le prouvent les terrasses au-dessus des colonnades intérieures du même monument.

Des terrasses.

Ce genre de couverture a été, pendant quelque temps, fort en vogue à Paris pour les bâtimens particuliers; on les formait avec des dalles de pierre dure, posées sur une aire en plâtre, faite sur le lattis des solives du dernier plancher du bâtiment. Les joints de ces dalles, posées à plat sans recouvrement, étaient mastiqués avec une espèce de ciment gras, de l'invention d'un marbrier en réputation pour ces dallages, nommé Corbel; mais les solives de ces planchers n'étant pas assez fortement réunies par les lattis, et l'aire de plâtre faite au-dessus étant sujette à se tourmenter par les effets de la sécheresse et de l'humidité, dont de simples dalles de peu d'épaisseur ne pouvaient pas les garantir, il en résultait que les joints en mastic, tel bien faits qu'ils pouvaient être, se désunissaient et causaient des filtrations d'eau qui pourissaient ces planchers en peu de temps; c'est ce qui a été cause qu'on a été obligé d'y renoncer.

Cependant il est certain qu'on pourrait faire à Paris des terrasses sur des planchers, aussi solides et aussi durables que celles qu'on fait en Italie, si l'on voulait apporter à leur construction les précautions convenables. Il faut d'abord que les solives soient réunies assez fortement pour n'être pas sujettes à se tourmenter. Le moyen le plus simple est de hourder plein les intervalles entre les solives, et de les recouvrir d'une

[1] Voyez le premier volume Des plus excellents Bastiments de France, par Jacques Androuet Ducerceau, architecte. Paris, 1607.

forte aire sur laquelle on pose les dalles sur une couche de ciment en les battant à mesure pour qu'elles portent bien partout; les joints en mastic gras se font en même temps; on le fait refluer par-dessus, en frappant les dalles de côté pour les mieux faire joindre : si les dalles ne sont pas bien dégauchies et dressées par-dessus, il vaut mieux laisser des balèvres qu'on recoupe après, plutôt que de les caler pour contenter les gauches. On peut leur donner depuis une ligne ½ de pente par pied jusqu'à 3 lignes, selon leur exposition au midi ou au nord. Une terrasse que j'ai fait faire de cette manière, au-dessus d'une remise, il y a plus de trente ans, est encore en bon état et n'a exigé aucun entretien.

On peut être persuadé que le seul moyen de parvenir à construire une terrasse solide et durable, est de former une masse qui ne puisse ni plier, ni se rompre, et que l'eau ne puisse pas pénétrer. Si c'est un plancher, le hourdi plein entre les solives, étant bien fait, lui procure la fermeté d'une voûte, en empêchant les solives de plier. Si la terrasse est exposée au nord ou située dans un endroit humide, le hourdi entre les solives peut être fait en petits moellons et mortier, ou en briques, recouvert d'une chape de ciment sur laquelle on posera des dalles de bonne pierre dure de 18 à 20 lignes d'épaisseur, qui ne soit pas sujette à être pénétrée par l'eau [1]. Cependant les terrasses les plus solides et les plus durables sont celles faites sur des voûtes. L'aire ou l'arasement au-dessus de l'extrados doit être fait en petites pierres bien garnies de mortier, et recouvert d'une chape de ciment sur laquelle on pose les dalles.

L'économie qu'on voudrait mettre dans ces ouvrages ne tendrait qu'à les rendre moins solides et moins durables, comme si l'on se contentait de faire un enduit sur des recoupes de pierres mises à sec, ou pas assez garnies de mortier.

[1] Indépendemment de ces précautions, il serait encore bon, à l'imitation des anciens (voyez tome II, page 249), d'imprégner la pierre d'une substance grasse pendant les chaleurs. L'enduit employé pour servir d'apprêt à la peinture de la coupole de l'église de Sainte-Geneviève nous paraît très-propre à remplir cet objet. Il se compose d'une partie de cire sur trois parties d'huile de lin cuite avec un dixième de son poids de litharge. Ce mélange appliqué à l'état fluide sur une terrasse échauffée par le soleil, ou à l'aide de réchauds, pénètre profondément dans la pierre, et acquiert en peu de temps une très-grande dureté. Ce procédé, qui nous avait été indiqué par MM. Thenard et d'Arcet, est maintenant exploité avec succès par MM. Bezanger et compagnie, à Paris.

CHAPITRE DEUXIÈME.

DES COUVERTURES EN CUIVRE, EN PLOMB ET EN ZINC.

Des couvertures en cuivre.

Le cuivre est de tous les métaux qu'on puisse employer à la couverture des bâtimens, celui qui résiste le mieux aux injures de l'air. Consulté sur cette question, à l'occasion de la couverture de la coupole en fer de la Halle au Blé de Paris, M. Sage, professeur de minéralogie, s'exprime ainsi dans la réponse qu'il fit à ce sujet : « On ne doit pas redouter l'emploi du cuivre pour la couverture des édifices; la rouille » dont il se couvre, n'étant pas soluble dans l'eau, est adhérente à ce » métal avec tenacité. Cette rouille verte est une espèce de malachite, » que les antiquaires nomment *patine*, laquelle met le cuivre à l'abri des » effets du temps.

» L'eau de pluie, approchant par sa pureté de l'eau distillée, n'agit pas » sur le cuivre comme l'eau fluviale, qui tient en dissolution les matières » salines qui agissent sur l'intérieur des fontaines de cuivre qui ne sont » pas étamées.

» Proposer d'étamer le cuivre laminé destiné à la couverture d'un édi- » fice, c'est une opération dispendieuse et inutile. »

Les anciens, qui avaient été à même de reconnaître cette propriété par un long usage du cuivre et du bronze dont les qualités sont à peu de chose près les mêmes, employèrent ce dernier pour couvrir ceux de leurs édifices auxquels ils attachaient le plus d'importance. On sait que la coupole du Panthéon d'Agrippa, à Rome, a été couverte en bronze. Autour de l'ouverture pratiquée dans la voûte pour éclairer ce monument, on voit encore aujourd'hui une bordure de 6 pieds de large, fermée de lames de bronze de 5 lignes et $\frac{1}{2}$ d'épaisseur, seul débris de la couverture antique, et dont la conservation est parfaite.

La manière ordinaire d'employer les feuilles de cuivre pour les couvertures, est de les joindre par des plis doubles qui se recouvrent de toutes parts, et d'arrêter chaque feuille avec des vis cachées sous les plis; mais comme cette matière se dilate facilement dans les chaleurs, et qu'elle est plus élastique que le plomb, les feuilles en se boursoufflant,

arrachent les vis lorsqu'on n'a pas l'attention de les ajuster de manière que l'effet de la dilatation ne puisse pas être contrarié : pour cela, il faut que chaque feuille ne soit arrêtée avec des vis que d'un côté, et que de l'autre les plis permettent au cuivre de s'étendre et de se resserrer en raison de la température de l'air [1].

On forme ces couvertures par bandes, disposées selon la pente, dont les plis soient alternativement en dessus et en dessous pour les joints montans, et avec un recouvrement simple pour les joints horizontaux, formant liaison entre eux, comme l'indiquent les Figures 16 et 17.

Des couvertures en plomb.

Cette manière de couvrir n'a lieu que pour les combles de quelques grands édifices. C'est de cette manière qu'est faite la couverture de l'église Notre-Dame de Paris, et autrefois de l'église de Saint-Denis en France. On en fait usage pour couvrir les dômes, les parties des combles auxquelles on ne peut donner que très-peu de pente.

Une couverture en plomb, bien faite, est extrêmement solide et durable; mais elle est très-lourde et fort coûteuse; elle a encore l'inconvénient que, dans les cas d'incendie, le plomb qui fond empêche qu'on en puisse approcher pour y porter des secours immédiats, lorsque le comble est en charpente. On ne court pas les mêmes risques quand il est posé sur des voûtes; mais on peut les en dépouiller et laisser les édifices exposés aux intempéries de l'air, comme il est arrivé pour l'église de Saint-Denis. Nous allons cependant expliquer la manière de les faire dans le cas où l'on serait obligé d'en faire usage.

[1] On avait couvert de cette manière le dessus du portail de l'église de Sainte-Geneviève. Ces feuilles étaient réunies entre elles par des plis à double recouvrement, pour empêcher l'eau de pénétrer par les joints; mais, malgré toutes ces précautions, on s'aperçut, au bout de cinq à six ans, que l'eau pénétrait en dessous, sans pouvoir découvrir par où. Toutes les jointures et la superficie paraissaient en bon état. Cependant, après avoir levé ces feuilles de cuivre, on découvrit une infinité de gerçures qui ne paraissaient point lorsqu'on les avait mises en place, et que la chaleur avait fait ouvrir. Il est probable que ces gerçures provenaient de quelques grains durs, qui avaient écorché le cuivre en le laminant. L'effet du laminage avait tellement rapproché les bords de ces gerçures, qu'on ne pouvait pas les apercevoir; et la manière dont elles étaient réunies, ne laissant pas assez de liberté au jeu de l'extension et de la rétraction du métal, aura sans doute contribué à les faire ouvrir plus tôt.

Lorsque les chevrons du comble que l'on veut couvrir en tables de plomb sont arrêtés et bien dressés par-dessus, on pose les voliges qui ont ordinairement 4 à 6 pouces, par rangs horizontaux espacés d'environ 2 pouces. Après cette opération, les plombiers, qui exécutent ordinairement cette espèce de couverture, commencent par poser le chéneau qui doit régner au bas du comble; le dossier de ce chéneau étant bien rabattu sur le premier rang de voliges, on pose au-dessus un rang de crochets de fer, plats, terminés par le haut en pates percées de trois trous pour les clouer. Ces crochets doivent être posés de manière que la table de plomb qu'ils soutiennent puisse recouvrir le dossier du chéneau de plomb; ce recouvrement doit être plus grand en raison de ce que le comble a moins de pente, il peut varier de 3 pouces jusqu'à 6. Cela fait, le plombier pose le premier rang de tables de manière que le bas entre dans les crochets, ensuite il l'étend et le dresse avec une batte de bois, et il l'arrête par le haut, au droit de chaque chevron, avec de forts clous assez longs pour traverser le plomb, les voliges et une partie du chevron. Ces clous ont ordinairement 2 pouces ½ de longueur.

Les tables de plomb dont on se sert pour les couvertures, ont ordinairement 3 pieds de large sur 12 à 15 pieds de long, et 1 ligne ½ ou 2 d'épaisseur. Elles se posent de manière que la largeur est suivant la pente du comble.

Il faut observer de ne pas arrêter les bouts des tables de plomb qui forment un même rang, avec des soudures, parce qu'elles sont sujettes à se rompre par l'effet de la dilatation et de la condensation que peut éprouver ce métal en raison de la température de l'air; il vaut beaucoup mieux replier les bords des tables, qui doivent se joindre de manière à former un bourrelet marqué *b*, Figures 14 et 15, que l'on arrondit avec la batte.

Le premier rang de tables étant arrêté en place, on pose les autres en suivant les mêmes procédés jusqu'au haut du comble, que l'on recouvre d'un enfaîtement s'il est à deux pentes. On l'arrête avec des crochets pour empêcher qu'il ne puisse être emporté par les vents impétueux dans les temps d'orage.

Les couvertures des dômes s'exécutent de la même manière : lorsqu'ils n'ont pas de côtes saillantes, en étendant le plomb avec la batte, on parvient à lui faire prendre le galbe du dôme. Il faut, de même que pour les combles, éviter les soudures pour les joints montans, et faire des

bourrelets qui forment des cordons qui se dirigent au sommet du dôme. Comme les intervalles entre ces cordons diminuent de largeur, il est à propos, pour avoir moins de rangs de tables et économiser les recouvremens, de poser les derniers rangs en sorte que la longueur des tables fasse leur hauteur.

Lorsque le galbe extérieur d'un dôme est divisé par des côtes saillantes, il faut, autant qu'il est possible, que la largeur des intervalles, ainsi que des côtes, puisse être formée par une seule table, de façon qu'il n'y ait de joints montans que dans les angles rentrans des côtes. Pour former ces joints, on replie les bords des tables qui doivent se réunir en sens contraire, et sous le pli on les arrête avec des clous : quand le plomb est posé immédiatement sur l'extrados d'une voûte en pierre, comme au dôme de l'église Sainte-Geneviève, on peut les rouler en sens contraire autour d'une tringle de fer scellée dans la voûte.

Dans la plupart des dômes, il n'y a que les côtes saillantes qui soient couvertes en plomb; les intervalles le sont en petites ardoises, dont le bas est taillé en écailles de poisson. Dans les pays où l'ardoise est rare, on fait usage des tuiles vernissées, et quelquefois au lieu d'ardoises, ou de tuiles vernissées, on a employé de petites lames de plomb taillées de même : au reste, ces ardoises, ces tuiles ou petites lames de plomb, se posent en place comme les ardoises ou les tuiles des combles ordinaires, sur un lattis de voliges, avec des clous.

On a essayé de suppléer le plomb par des lames d'un métal composé de zinc et de plomb, mais on ne cite encore aucun ouvrage exécuté sur lequel on puisse constater les avantages de cette composition.

Des couvertures en zinc.

L'art de fabriquer le zinc fut aussi long à perfectionner que celui de le mettre en usage. C'est, à ce qu'il paraît, à Isaac Lawson qu'est due l'invention du procédé par lequel on parvient à l'extraire de ses mines. Margraff améliora ce procédé, et en donna les détails dans les Mémoires de l'Académie pour l'année 1746.

Le zinc fut regardé, pendant long-temps, comme un métal imparfait, cassant, ne pouvant acquérir de malléabilité que par son union avec le cuivre rouge. Ce n'est qu'en 1780 que M. Sage, savant minéralogiste, commença à réformer l'opinion sur cette substance, en faisant connaître que

son aigreur apparente n'était due qu'à l'éloignement de ses grains ou cristaux; qu'elle devenait malléable lorsqu'elle était chauffée à 100 degrés centigrades, et qu'alors on pouvait facilement la réduire en lames très-minces en la battant sous le marteau ou la passant sous le laminoir.

Il paraît que c'est en Angleterre, vers les dernières années du dix-huitième siècle, qu'on essaya, pour la première fois, d'employer le zinc à la couverture des bâtimens. En France, les essais de ce genre remontent à peine à une vingtaine d'années, époque à laquelle on découvrit les procédés pour extraire en grand, le zinc pur et malléable du minerai de calamine de *la Vieille Montagne*, près de Liége.

Sous les rapports de la dureté et de la tenacité, le zinc tient à peu près le milieu entre le plomb et le cuivre, en sorte qu'on peut donner aux lames de ce métal une épaisseur moyenne entre celles qui conviennent aux deux autres dans les divers genres d'ouvrages. Il suit de là que l'emploi du zinc pourrait offrir de grands avantages sur les autres métaux, tant pour la légèreté que pour l'économie qu'il apporterait dans les couvertures, si l'on était également assuré de sa durée; mais plusieurs observations donnent lieu d'appréhender que ce métal ne se détériore promptement aux injures de l'air [1]; et les essais qu'on en a faits sont encore trop récens pour qu'on puisse, quant à présent, en admettre l'emploi dans les grands édifices.

Les tables de zinc s'emploient de la même manière que celles de cuivre et de plomb; ainsi, tout ce qui a été dit à ce sujet dans les deux articles précédens, peut également convenir aux couvertures en zinc.

Dans les départemens du Doubs et du Jura, on remarque des clochers et des églises dont les toits sont couverts en fer-blanc.

On a encore proposé d'employer pour les couvertures la tôle enduite d'une composition qui la garantissait de la rouille. Cette manière de couvrir paraît être fort en usage en Russie; la plupart des bâtimens, et notamment la salle d'exercice de Moscou, dont il a été question au Livre cinquième, sont couverts en tôle.

[1] On a remarqué qu'en Angleterre, on avait appliqué plusieurs couches de vernis gras sur des couvertures en zinc, faites depuis très-peu de temps; ce qui semble venir à l'appui des observations de M. de Lasserre, consignées dans les *Mémoires de l'Académie des Sciences*, relativement à l'action destructive de l'eau sur ce métal.

CHAPITRE TROISIÈME.

DES COUVERTURES EN CHAUME ET EN ROSEAUX.

Des couvertures en chaume.

Dans beaucoup de pays on fait usage de cette couverture pour les bâtimens ruraux; elle se fait avec de la paille de seigle ou de froment. Après que la charpente de cette espèce de comble est posée, c'est-à-dire, les fermes, les pannes et le faitage, on y attache des perches avec des osiers au lieu de chevrons, et des perchettes en travers sur lesquelles le couvreur applique le chaume arrêté avec des liens de paille; plus ces liens sont serrés, plus la couverture est solide.

Cette couverture se commence par le bas comme toutes les autres; chaque lit ou rang se nomme *javelle*. Comme les brins de chaume sont susceptibles de s'affaisser on ne fait cette couverture que par intervalles, c'est-à-dire qu'on la laisse reposer un ou deux jours avant de la terminer. Au bout de ce temps, le couvreur la visite pour y introduire, s'il est nécessaire, de nouveaux chaumes dans les endroits qui ne sont pas assez garnis; il se sert pour cela d'un instrument appelé *palette;* c'est un morceau de bois de forme ovale à manche court. Il finit la couverture en polissant le chaume avec un râteau de bois appelé *peigne*, dont les dents sont fort serrées

Des couvertures en roseaux.

Ces couvertures se font avec les roseaux qui croissent dans les marais; elles s'exécutent, à peu de chose près, comme celles en chaume; il faut cependant que les perchettes qui tiennent lieu de lattes soient moins éloignées les unes des autres, c'est-à-dire, d'environ 3 pouces; et comme les roseaux sont sujets à couler, on les lie en plusieurs endroits. Cette espèce de couverture exige plus d'adresse que celle en chaume, et coûte davantage; mais, lorsqu'elle est bien faite, elle peut durer au moins quarante ans, sans qu'on soit obligé d'y faire aucune réparation.

FIN DU TOME TROISIÈME.

TABLE DES MATIÈRES.

SOMMAIRE DU CINQUIÈME LIVRE

DU TRAITÉ DE L'ART DE BATIR

PREMIÈRE SECTION.

Principes du trait de charpente.

47.

CHAPITRE DEUXIÈME.

DES COMBLES PYRAMIDAUX ET DES RENCONTRES OU PÉNÉTRATIONS DE COMBLES.

ARTICLE PREMIER.

ARTICLE II.

ARTICLE III.

CHAPITRE TROISIÈME.

DES COMBLES A PLUSIEURS ÉPIS.

CHAPITRE QUATRIÈME.

DES COMBLES CONIQUES.

DEUXIÈME SECTION

Principes des constructions permanentes en charpente.

CHAPITRE PREMIER.

DES PANS DE BOIS, CLOISONS ET PLANCHERS.

ARTICLE PREMIER.

ARTICLE III.

PAGES.

CHAPITRE TROISIÈME.

DES COMBLES A SURFACES PLANES.

CHAPÎTRE QUATRIÈME.

DES COMBLES A SURFACES COURBES.

TROISIÈME SECTION.

Principes des constructions auxiliaires en charpente.

CHAPITRE PREMIER.

DES ÉCHAFAUDS.

CHAPITRE DEUXIÈME.

DES CINTRES.

NOTES ADDITIONNELLES
SUR PLUSIEURS PLANCHES.

SOMMAIRE DU SIXIÈME LIVRE

DU TRAITÉ DE L'ART DE BATIR.

PREMIÈRE SECTION.

Disposition de la menuiserie dormante.

CHAPITRE PREMIER.

DES PLANCHERS ET PARQUETS.

CHAPITRE DEUXIÈME.

DES LAMBRIS ET CLOISONS.

PAGES.

CHAPITRE TROISIÈME.

DU REVÊTEMENT DES SURFACES COURBES.

ARTICLE PREMIER.

ARTICLE II.

ARTICLE III.

CHAPITRE QUATRIÈME.

DES ESCALIERS EN MENUISERIE.

DEUXIÈME SECTION.

Disposition de la menuiserie mobile.

CHAPITRE PREMIER.

DES CROISÉES, VOLETS, PERSIENNES ET JALOUSIES.

CHAPITRE DEUXIÈME.

DES PORTES.

TROISIÈME SECTION.

Menuiserie des ouvrages d'Eglise.

CHAPITRE PREMIER.

DES CHAPIERS ET AUTRES ARMOIRES.

PAGES

CHAPITRE DEUXIÈME.

DES STALLES ET CONFESSIONNAUX.

CHAPITRE TROISIÈME.

DES BUFFETS D'ORGUES ET DES CHAIRES.

CHAPITRE QUATRIÈME.

DES DÉCORATIONS D'ARCHITECTURE.

Notes additionnelles pour servir à l'explication de plusieurs planches.

SOMMAIRE DU SEPTIÈME LIVRE.

PREMIÈRE SECTION.

Emploi du fer dans les bâtimens.

CHAPITRE PREMIER.

DES CHAÎNES, TIRANS ET LINTEAUX.

CHAPITRE DEUXIÈME.

DES ARMATURES D'ARCHITRAVES, DE PÉRISTYLES ET DE FRONTISPICES.

DEUXIÈME SECTION.

Systèmes de constructions en fer forgé.

CHAPITRE PREMIER.

DES PLANCHERS ET DES VOUTES EN FER.

CHAPITRE DEUXIÈME.

DES COMBLES.

TROISIÈME SECTION

Systèmes de constructions en fer fondu.

CHAPITRE PREMIER

DES PONTS.

CHAPITRE DEUXIÈME.

DES COUPOLES.

SOMMAIRE DU HUITIÈME LIVRE.

PREMIÈRE SECTION.

Disposition des matériaux façonnés exprès pour la couverture des bâtimens.

CHAPITRE PREMIER.

DE LA PENTE DES COMBLES.

CHAPITRE DEUXIÈME.

DES COUVERTURES EN BARDEAUX.

CHAPITRE TROISIÈME.

DES COUVERTURES EN TUILES.

CHAPITRE QUATRIÈME.

DES COUVERTURES EN ARDOISES.

DEUXIÈME SECTION.

Disposition de diverses matières appropriées à la couverture des bâtimens.

CHAPITRE PREMIER.

DES COUVERTURES EN PIERRE.

CHAPITRE DEUXIÈME.

DES COUVERTURES EN CUIVRE, EN PLOMB ET EN ZINC.

CHAPITRE TROISIÈME.

DES COUVERTURES EN CHAUME ET EN ROSEAUX.

FIN DE LA TABLE DES MATIÈRES





